

Novo conceito de transportador de carcaças - KM/PU

João Filipe Ferreira de Sá

Dissertação de Mestrado

Orientador na FEUP: Professor Doutor José Duarte Ribeiro Marafona

Orientador na Continental Mabor: Eng.º. Luis Cruz



Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica

Setembro de 2015

“A person who never made a mistake never tried anything new.”

Albert Einstein

RESUMO

A presente dissertação aborda o processo de melhoria na empresa Continental Mabor – Indústria de Pneus, S.A.. O transporte de carcaças da primeira para a segunda fase do processo de construção de pneus acarreta deformações em alguns produtos.

No âmbito deste projeto foram realizados estudos para a avaliação do processo de transporte atual. Estes estudos incidiram em avaliações de qualidade, ergonomia e produção, uma vez que se registam deformações, ao longo do tempo de espera em produção, em alguns modelos de carcaças e porque as posições de trabalho junto do transportador atual não são ergonómicas para os operadores.

O principal objetivo desta dissertação foi o estudo de um novo conceito de transportador de carcaças. Para tal, foram definidos todos os requisitos para o desenvolvimento de um novo conceito, incidindo novamente em parâmetros de qualidade, ergonomia e produção. O conhecimento destes requisitos potenciou a procura de soluções de armazenamento e de transporte das carcaças.

A procura de soluções baseou-se nas soluções de armazenamento e de transporte, onde foram tidas em conta as vantagens de cada solução em termos de apoio da carcaça, facilidade de colocação e remoção, simplicidade de funcionamento, durabilidade, facilidade e custos de manutenção e o custo da respetiva solução. Posteriormente, as soluções foram comparadas e apresentadas.

A seleção de uma solução de armazenamento e transporte que cumprisse todos os requisitos levou a que fosse realizada uma análise mais detalhada destas soluções, sendo abordada a realização dos protótipos de ambas, bem como as dificuldades encontradas.

O protótipo do novo conceito encontra-se em funcionamento na Continental Mabor, o que permitiu a realização de testes ergonómicos e de qualidade, por forma a possibilitar a análise comparativa entre o método de transporte atual e o novo conceito.

ABSTRACT

This dissertation addresses the improvement process in the company Continental Mabor – Tire Industry, SA. Where the transportation of carcasses from the first to the second stage of the tire building process leads to product deformation.

During this project studies were developed in order to evaluate the actual process of transportation. These studies focused on the evaluation of quality, ergonomics and production due to the deformation caused in carcasses during the waiting time between production stages and also because working positions used in the current transportation system are not ergonomic for operators.

The main goal of this work was the study of a new concept of carcasses transportation. For this purpose, were defined the requirements for the development of a new concept, focusing again on quality parameters, ergonomics and production. Knowledge of these requirements potentiate the demand for storage solutions and transportation of carcasses.

The search for ideas began with the storage and transportation solutions, where benefits as: carcass support, ease of placement and removal, operating simplicity, durability, maintenance costs and the cost of respective solution were taken into account. Afterwards, the solutions were compared and the ideas presented.

Selecting a storage and transport solution that met all requirements led to a more detailed analysis of these solutions, and addressed the assembly of both prototypes as well as the difficulties found in each.

The prototype of the new concept is now operating in Continental Mabor, which allowed for ergonomic and quality tests in order to obtain a comparative analysis between the currently used transportation method and the new concept.

AGRADECIMENTOS

Quero agradecer ao Professor Doutor José Duarte Marafona pela orientação e supervisão da minha dissertação, tarefas que realizou sempre com enorme profissionalismo e que contribuíram para o sucesso deste projeto.

Ao Engenheiro Luis Cruz por todo o apoio, conselhos e críticas dadas durante todo este projeto que termina com a entrega desta dissertação.

Quero agradecer à Continental Mabor pela oportunidade que me foi concedida e a toda a equipa do Departamento de Engenharia 2, em especial ao Sr. José Costa e Silva por toda a ajuda prestada durante o estágio. Quero ainda agradecer ao Bruno Palma por toda a ajuda prestada, em especial na fase inicial do estágio.

Quero agradecer também a todos os que estiveram envolvidos, direta ou indiretamente, neste projeto e a todos os colaboradores da Continental Mabor que ajudaram e apoiaram a realização do protótipo.

Quero também agradecer a amizade companheirismo demonstrada pelo meu colega de trabalho Ricardo Bento.

Quero agradecer à Inês por estar sempre presente e por me apoiar e motivar na realização desta dissertação.

Quero agradecer aos meus colegas e amigos, Ricardo Rocha, Filipe Pereira, Luis Costa e Rui Sousa, que me acompanharam nesta longa jornada e que tiveram uma participação sempre ativa na minha vida pessoal, académica e profissional.

Por último, um muito obrigado aos meus pais e irmã por todo o apoio incondicional ao longo de todo o meu percurso académico.

ÍNDICE DE CONTEÚDOS

1	Introdução	1
1.1	Introdução ao grupo Continental AG.	1
1.2	Introdução à Continental Mabor.....	2
1.3	Introdução ao processo de fabrico.....	3
2	Definição do problema - Transportador	7
2.1	Processo de fabrico.....	7
2.2	Processo de transporte atual.....	9
2.2.1	Ergonomia	9
2.2.2	Qualidade	11
2.2.3	Produção	20
2.3	Requisitos para o novo conceito de transportador	22
2.3.1	Ergonomia	22
2.3.2	Qualidade	22
2.3.3	Produção	22
2.3.4	Engenharia.....	23
3	Análise de soluções do mercado	25
3.1	Transportador linear motorizado	25
3.2	Transportador em V.....	26
3.3	Solução Robotizada	26
4	Apresentação de novas soluções	29
4.1	Soluções de armazenamento	29
4.1.1	Solução de armazenamento 1	29
4.1.2	Solução de armazenamento 2	30
4.1.3	Solução de armazenamento 3	32
4.1.4	Solução de armazenamento 4	33
4.2	Soluções de transporte	34
4.2.1	Solução de transporte 1.....	34

4.2.2	Solução de transporte 2.....	37
4.2.3	Solução de transporte 3.....	39
5	Comparação das soluções apresentadas	45
5.1	Comparação das soluções de armazenamento	45
5.2	Comparação das soluções de transporte.....	47
6	Análise da solução implementada	49
6.1	Solução de armazenamento.....	49
6.2	Solução de transporte	57
6.3	Qualidade	74
6.4	Ergonomia	78
7	Conclusões	81
8	Trabalhos futuros	83
9	Bibliografia.....	85
10	Anexos	87
	Anexo A – Avaliação da tarefa de colocar a carcaça na KM – Transportador atual.....	89
	Anexo B – Avaliação da tarefa de retirar a carcaça na PU – Transportador atual.....	93
	Anexo C – Dados antropométricos da população portuguesa – 2005/2006.....	97
	Anexo D – Guia INA – LFS32.....	101
	Anexo E – Patim INA LFL-32SF	107
	Anexo F – Guia INA LFS52	113
	Anexo G – Patim INA LFL – 52SF	119
	Anexo H – Avaliação da tarefa de colocar a carcaça na KM – Novo conceito de transportador	125
	Anexo I – Avaliação da tarefa de retirar a carcaça na PU – Novo conceito de transportador	129
	Anexo J – Desenho de conjunto do suporte de carcaças (volume separado) ...	133
	Anexo K – Esquemas eletropneumáticos da KM e da PU (volume separado)	137
	Anexo L – Desenho de conjunto do novo conceito de transportador de carcaças – KM/PU (volume separado)	141

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Transportador de rolos livres por gravidade	9
Figura 2 - Avaliação ergonómica da colocação de carcaças no transportador atual	10
Figura 3 - Avaliação ergonómica da remoção de carcaças do transportador atual..	10
Figura 4 - Carcaças deformadas ao fim de algum tempo de espera no transportador atual.....	11
Figura 5 - Transportador linear motorizado para o transporte de pneus em verde	25
Figura 6 - Transportador em V de um carregador automático de carcaças da PU..	26
Figura 7 - Solução de armazenamento 1.....	30
Figura 8 - Solução de armazenamento 2.....	31
Figura 9 - Solução de armazenamento 2, 2ª versão	31
Figura 10 - Solução de armazenamento 3.....	32
Figura 11 - Solução de armazenamento 4.....	33
Figura 12 - Solução de transporte 1.....	34
Figura 13 - Esquema de ligação de cada motor e drive	36
Figura 14 - Solução de transporte 2.....	38
Figura 15 - Sistema de acoplamento e desacoplamento do suporte de carcaças ao motor para a solução de transporte 2	38
Figura 16 - Solução de transporte 3.....	40
Figura 17 - Posição ergonómica da solução de transporte 3.....	41
Figura 18 - Solução de transporte 3 com um buffer de 8 carcaças	42
Figura 19 - Desenho tridimensional do sistema de travão da solução de transporte 3	42

Figura 20 – Esquema do mecanismo da solução de armazenamento implementada, 1ª versão.....	49
Figura 21 – Desenho tridimensional do protótipo da solução de armazenamento implementada, 1ª versão	51
Figura 22 - Protótipo da solução de armazenamento implementada, 1ª versão	52
Figura 23 - Protótipo da solução de armazenamento implementada, 2ª versão	52
Figura 24 - Montagem dos rolos do suporte de carcaças	53
Figura 25 - Pormenor da montagem dos rolos do suporte de carcaças	53
Figura 26 - Esquema do mecanismo da solução de armazenamento implementada, 2ª versão.....	54
Figura 27 - Protótipo da solução de armazenamento implementada com o suporte aberto, 2ª versão	55
Figura 28 - Protótipo da solução de armazenamento implementada com o suporte fechado, 2ª versão	56
Figura 29 - Desenho tridimensional do protótipo da solução de armazenamento implementada, versão final.....	57
Figura 30 - Protótipo da solução de armazenamento implementada, versão final..	57
Figura 31 - Protótipo da solução de transporte implementada, 1ª versão	58
Figura 32 – Pormenor do rolamento no suporte de carcaças	59
Figura 33 - Desenho tridimensional da estrutura do novo conceito de transportador de carcaças.....	60
Figura 34 - Cálculo das reações da estrutura	60
Figura 35 - Cálculo das reações da estrutura, Autodesk ForceEffects	61
Figura 36 - Esquema do circuito pneumático da KM	63
Figura 37 - Esquema do circuito elétrico da KM	64
Figura 38 – Suporte de carcaças no travão intermédio da KM.....	65
Figura 39 - Sistema de travão.....	66
Figura 40 – Suporte de carcaças no travão final da KM	67
Figura 41 – Suporte com carcaça na posição ergonómica da KM	68
Figura 42 - Suporte de carcaças na posição superior do elevador da KM.....	68
Figura 43 - Esquema do circuito pneumático da PU	69

Figura 44 - Esquema do circuito elétrico da PU	70
Figura 45 - Suporte de carcaças no travão intermédio da PU.....	71
Figura 46 - Suporte de carcaças no travão final da PU.....	71
Figura 47 - Suporte de carcaças na posição superior do elevador da PU.....	72
Figura 48 - Suporte com carcaça na posição ergonómica da PU	73
Figura 49 - Protótipo do novo conceito de transportador de carcaças da KM para a PU	74
Figura 50 - Teste comparativo de qualidade entre a solução atual e o novo conceito	75
Figura 51 - Avaliação ergonómica da colocação de carcaças no protótipo.....	78
Figura 52 - Avaliação ergonómica da remoção de carcaças do protótipo	78

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Unidades produzidas e de scrap referentes a fevereiro e março por tipo de carregamento	15
Tabela 2 - Unidades produzidas e de scrap relativas a fevereiro por material de tela têxtil.....	16
Tabela 3 - Unidades produzidas e de scrap relativas a março por material de tela têxtil.....	17
Tabela 4 - Redução de scrap com utilização de tela de Poliéster no mês de fevereiro	19
Tabela 5 - Vantagens previstas de utilizar apenas tela de Poliéster no mês de fevereiro.....	19
Tabela 6 - Redução de scrap com utilização de tela de Poliéster no mês de março .	20
Tabela 7 - Vantagens previstas de utilizar apenas tela de Poliéster no mês de março	20
Tabela 8 – Parâmetros não variáveis que influenciam o cálculo de unidades máximas no buffer do transportador atual de referência.....	21
Tabela 9 - Quantidade máxima de carcaças possível no buffer do transportador atual.....	21
Tabela 10 - Custo estimado da solução de armazenamento 3.....	32
Tabela 11 - Custo estimado da solução de armazenamento 4.....	34
Tabela 12 - Parâmetros necessários para o cálculo do moto-redutor na solução de transporte 1	35
Tabela 13 - Cálculo do moto-redutor para a solução de transporte 1	35
Tabela 14 - Comparação dos cálculos do moto-redutor com a proposta da SEW-EURODRIVE para a solução de transporte 1	36

Tabela 15 - Coeficiente de segurança na escolha do motor para a solução de transporte 1	36
Tabela 16 - Custo de alguns componentes da solução de transporte 1	37
Tabela 17 - Custo de alguns componentes da solução de transporte 2	39
Tabela 18 - Custo da solução de transporte 3.....	43
Tabela 19 - Comparação qualitativa das soluções de armazenamento.....	45
Tabela 20 – Comparação do custo de fabrico da solução de armazenamento 3 e 4 .	46
Tabela 21 - Comparação das soluções de transporte	47
Tabela 22 - Comparação do custo de fabrico de um transportador para cada solução de transporte	48
Tabela 23 – Variação das posições do mecanismo de suporte com o diâmetro da carcaça.....	55
Tabela 24 - Reações nos apoios	61
Tabela 25 - Cálculo das buchas de apoio da base B.....	62
Tabela 26 - Cálculos realizados para os cilindros pneumáticos	64
Tabela 27 - Custo do protótipo do novo conceito de transportador de carcaças da KM para a PU.....	74
Tabela 28 - Distância entre talões superior durante a realização do teste comparativo de qualidade	75
Tabela 29 - Distância entre talões inferior durante a realização do teste comparativo de qualidade	76
Tabela 30 - Medição da ovalização no início e fim do teste de qualidade.....	77

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Scrap por mau carregamento face ao scrap total da fábrica	11
Gráfico 2 - Scrap por mau carregamento	12
Gráfico 3 - Distribuição dos tipos de ajuste dos carregadores automáticos	13
Gráfico 4 - Scrap por tipo de ajuste relativo ao mês de fevereiro	14
Gráfico 5 - Scrap por tipo de ajuste relativo ao mês de março	14
Gráfico 6 - Scrap por tipo de ajuste relativo aos meses de fevereiro e março	15
Gráfico 7 - Distribuição da produção por material de tela têxtil para o mês de fevereiro	16
Gráfico 8 - Scrap gerado em fevereiro por material de tela têxtil	17
Gráfico 9 - Scrap de fevereiro por pneu produzido por material de tela têxtil	17
Gráfico 10 - Distribuição da produção por material de tela têxtil para o mês de março	18
Gráfico 11 - Scrap gerado em março por material de tela têxtil	18
Gráfico 12 - Scrap de março por pneu produzido por material de tela têxtil	19
Gráfico 13 - Comparação da variação da distância entre talões de duas carcaças ao longo de 8 minutos de espera na solução atual e no protótipo	76
Gráfico 14 - Comparação da ovalização de duas carcaças ao fim de 8 minutos de espera no protótipo e na solução atual	77

LISTA DE ABREVIATURAS

KM – *Karkasse Maschine*

PU – *Production Unit*

CTA – Construção de Talões de Arame

GTC – *Green Tire Conveyor*

GTAL – *Green Tire Automatic Loader*

SCRAP – Produto não conforme

WORKOFF – Reaproveitamento

CM – *Continental Machinery*

BDS – *Belastungs Dokumentations System*

1 INTRODUÇÃO

A indústria automóvel é um setor em constante evolução e desenvolvimento, pelo que as empresas do ramo têm de acompanhar esta evolução com investigação e investimento para conseguirem manter-se competitivas no mercado. Para tal é necessário que estas entidades ofereçam uma grande versatilidade, produtividade e eficiência, realizando adaptações de acordo com as necessidades dos clientes, conseguindo praticar um baixo custo e com um tempo de resposta muito reduzido.

A Continental Mabor, empresa do grupo Continental AG., cumpre com distinção todos estes requisitos.

1.1 Introdução ao grupo Continental AG.

A Continental AG foi fundada, em outubro 1871, em Hannover, na Alemanha. Inicialmente produzia apenas artefactos de borracha flexível e pneus maciços para carruagens e bicicletas. Alguns anos mais tarde, em 1898, começou a produzir pneus lisos (sem desenho de piso) para automóveis. Desde essa altura a Continental acompanha a evolução da indústria automóvel desenvolvendo estudos e aplicando técnicas, produtos e equipamentos tendo em vista a evolução e melhoria dos pneus. A visibilidade da Continental aumentou, passando as fronteiras da Alemanha e os seus pneus passaram a equipar os carros vencedores de diversas competições automóveis.

Em 2007, a Continental adquiriu a Siemens VDO Automotive AG e coloca-se entre os cinco maiores fornecedores da indústria automóvel, desenvolvendo posição na Europa, América do Norte e Ásia.

Atualmente, o grupo Continental AG conta com cerca de 150 000 colaboradores e está dividido por setores de atuação, *Automotive Group* e *Rubber Group*. O grupo automóvel produz sistemas de informação, de travagem, de suspensão, de segurança ativa e passiva, de transmissão de potência, de diagnóstico e interiores para toda a indústria automóvel, desde motas a máquinas industriais. O grupo dos componentes da borracha está dividido em dois, ContiTire e ContiTech. O ContiTire é responsável pelo desenvolvimento e produção de pneus para bicicletas, motas, veículos ligeiros e pesados e para máquinas industriais. O ContiTech desenvolve e fabrica máquinas para as indústrias mineiras, de mobiliário e impressão. Este

grupo produz correias, tapetes transportadores, bolsas de ar para elevação, diafragmas, entre outros [1].

1.2 Introdução à Continental Mabor

A Continental Mabor surgiu da união de duas empresas, a Mabor e a Continental AG., em 1989, tendo como localização a freguesia de Lousado e, como setor de atividade a indústria de pneus.

A Mabor – Manufatura Nacional de Borracha, S.A. foi a primeira fábrica de pneus em Portugal, deu início à sua atividade em 1949, com assistência técnica prestada pela General Tire, Cº, de Ohio, E.U.A.. Em julho de 1990, iniciou-se o programa de reestruturação da empresa que transformou as instalações da Mabor nas mais modernas das 21 unidades Continental existentes até à data.

Começando com uma produção média diária de 5000 pneus por dia, em 1990, seis anos mais tarde atingiram-se taxas de produção diárias de 21000 pneus por dia. Atualmente a Continental Mabor tem capacidade instalada para produzir cerca de 55000 pneus por dia sendo assim uma das duas fábricas com maiores taxas de produtividade da Continental.

A Continental Mabor tem uma produção muito variada, cerca de 200 especificações diferentes de pneus, podendo diferir em medidas, modelos ou marcas. Atualmente são fabricados pneus desde jante 14” até 21”, tendo-se recentemente iniciado a produção de pneus de teste de jante 22”. Mais de 98% da produção da Continental Mabor é destinada à exportação. Mais de metade da produção da empresa é absorvida pelo “Mercado de Substituição” (M.S.), a restante produção é destinada às linhas de montagem dos mais prestigiados construtores da indústria automóvel.

A empresa tem sido reconhecida por várias entidades, tendo-lhe sido concedidos vários prémios, tanto dentro como fora do grupo. A Continental Mabor recebeu, por oito anos consecutivos, o prémio de melhor fábrica para trabalhar na indústria química, por três anos consecutivos o prémio de melhor qualidade (*“Quality Award”*) da divisão de pneus do grupo Continental e já foi reconhecida, por duas vezes, como a melhor fábrica para trabalhar em Portugal.

Atualmente existem dois projetos inovadores, o ContiSeal que consiste na aplicação de uma camada de borracha no interior dos pneus que tem características anti furo e o ContiSilent que consiste na aplicação de uma camada esponjosa com características de redução de ruído. Estes projetos estão presentes apenas em duas empresas do grupo Continental, sendo uma delas a Continental Mabor.

Para todo este trabalho a Continental Mabor tem uma área total de 204 140 m² e uma superfície coberta total de 86 499,2 m², estando em constante expansão, contando com cerca de 1700 colaboradores [1].

1.3 Introdução ao processo de fabrico

O processo de fabrico de pneus é constituído por 5 fases distintas, misturação, preparação, construção, vulcanização e inspeção final. Para o fabrico de pneus são utilizadas diversas matérias primas como arame, tecido têxtil, produtos químicos, óleo, negro de fumo, borrachas, corda metálica e fio têxtil ou híbrido.

A misturação é a fase inicial de todo o processo, onde são misturados todos os componentes, como a borracha, pigmentos, óleo mineral, sílica, negro de fumo, entre outros. Esta fase tem como objetivo a formação de vários compostos de borracha diferentes, começando pelo composto *Master*, que serve, posteriormente, de base para a formação dos vários compostos finais. Estes compostos são, de seguida, trabalhados, na fase de preparação, para ficarem preparados para a sua utilização na construção do pneu.

A fase de preparação está dividida em duas, preparação a quente, todas as máquinas onde existem extrusoras, e preparação a frio, todas as outras máquinas que constituem esta fase. Na preparação a quente são extrudidos o *inner liner* (camada interna), as paredes laterais e os pisos, são também realizados os talões e as respetivas cunhas. Os componentes realizados na preparação a quente são descritos abaixo:

O *inner liner* (camada interna) é extrudido através da mistura de vários compostos, mas o composto final é o mesmo para todos os tipos de pneu. A função deste componente é criar estanquidade no interior do pneu para que se consiga dar pressão no pneu sem que o ar vazze. Este componente permite a ausência de câmara de ar (*tubeless*).

As paredes laterais são extrudidas, tal como os pisos, a partir da misturação de vários compostos de borracha. A função deste componente é suportar o peso do veículo e dar resistência ao pneu em curva.

Os pisos são extrudidos a partir da misturação de vários compostos, passando posteriormente, por uma grande zona de arrefecimento em água. A função deste componente é criar atrito entre o pneu e a estrada e, ao mesmo tempo, ter uma baixa resistência ao rolamento, bem como fazer descargas de eletricidade estática e garantir uma boa durabilidade. Este componente é realizado numa extrusora de pisos. O seu desenho ajuda ao escoamento de água, evitando efeitos de aquaplanagem.

Os talões são anéis, constituídos por várias voltas de arame, impregnados em borracha. Este componente está em contacto com a jante, sendo por isso a sua função criar vedação entre o pneu e a jante e dar reforço na zona de contacto. Este componente é realizado na máquina de CTA, em inglês *Bead Winder*.

As cunhas dos talões são extrudidas com perfil em dupla cunha e de seguida cortadas, separadas e aplicadas, uma em cada talão, através da utilização de diafragmas pneumáticos. Este componente tem como função garantir o

preenchimento do espaço entre o talão e a tela têxtil e garantir, para além da sua união, um maior reforço na zona imediatamente a seguir à jante. O fabrico deste componente é realizado numa máquina denominada *Apex*.

Na preparação a frio são calandradas as telas têxteis e os *breakers* (telas metálicas) e posteriormente são realizados os respetivos cortes para que estes componentes fiquem com a largura necessária a utilizar na construção do pneu, é também realizado o *cap ply* (cinta têxtil) e ainda o reforço dos talões. Para a realização destes componentes são necessárias máquinas como extrusoras, calandras e de corte por guilhotina. De seguida descrevem-se os componentes realizados e trabalhados na preparação a frio.

A tela têxtil é constituída por uma trama (malha) de tecido têxtil, Rayon ou Poliéster, que, após levar um banho químico, é impregnada em borracha na calandra. Posteriormente, esta é cortada nas várias medidas dos artigos em produção. A sua função é resistir à pressão interna do pneu, e, como é o elemento de ligação entre a carcaça e o conjunto exterior (conjunto piso/*breaker*), transmite as tensões internas aplicadas entre estes dois componentes.

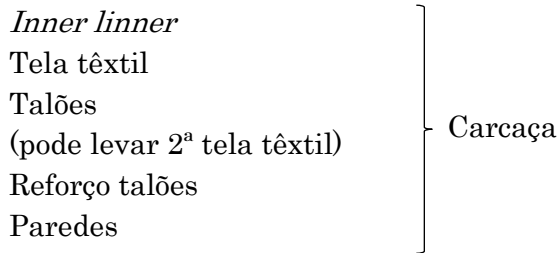
As telas metálicas ou *breakers* são compostas por uma malha metálica que é calandrada e impregnada em borracha. De salientar a existência de 1º e 2º *breakers*, uma vez que o 1º tem um revestimento de borracha nas suas extremidades, ao comprimento, por forma a garantir que nenhum fio de arame possa cortar a carcaça durante a utilização do pneu. A função destes componentes é, à semelhança da tela têxtil, dar resistência ao pneu.

O *cap ply* é constituído por fios, que podem ser de nylon ou híbridos (nylon e kevlar), impregnados em borracha. Este componente tem como principal função o reforço estrutural a grande velocidade e a sua aplicação varia com o índice de velocidade do pneu. A realização deste componente é assegurada por três máquinas, *Cap Strip*, *Slitter* e *Mini Slitter*.

O reforço dos talões é uma tira de tela têxtil ou metálica e tem a função de reforçar a zona dos talões. Este componente é geralmente aplicado nos pneus que apresentam um maior índice de carga. Este componente pode ser realizado na máquina *Chaffer* para o caso de ser tela têxtil, ou nas máquinas de corte, *Fisher*, no caso de ser realizado em tela metálica.

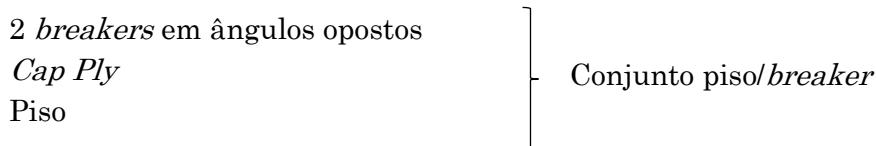
As máquinas de corte têm como objetivo cortar as telas têxteis e metálicas à largura e ângulo finais necessários para utilizar na construção de cada especificação de pneu.

Para a fase de construção de pneus em verde são utilizados os módulos de construção que são constituídos por duas máquinas, KM e PU. Na KM são fabricadas as carcaças que têm a seguinte configuração:



De seguida as carcaças são transportadas por um transportador de rolos livres por gravidade até à PU. Este transportador acarreta algumas desvantagens e, no âmbito deste projeto, serão analisadas soluções por forma a resolver os problemas associados ao transporte das carcaças da KM para a PU.

A PU tem como resultado final o pneu em verde, para tal é necessário o acoplamento de alguns componentes que constituem o conjunto *piso/breaker*, sendo eles:



O acoplamento do conjunto *piso/breaker* com a carcaça dá origem ao pneu em verde (cru), que será depois transportado para as fases seguintes.

Estes componentes são enrolados à volta de um tambor ajustável aos vários tamanhos de pneu que se pode produzir, pela ordem apresentada. Finalizada a construção do conjunto, este é transportado por um anel de transferência até às cabeças de expansão, onde terá sido carregada a carcaça, vinda da KM, através de um carregador automático de carcaças. Este carregamento é feito em simultâneo com o conjunto *piso/breaker*. No momento em que a carcaça expande, este conjunto é colocado à sua volta, por forma a que essa expansão faça com que os dois conjuntos fiquem acoplados, ficando assim concluída a construção do pneu em verde.

Após esta fase de construção e ainda antes da vulcanização os pneus em verde passam por uma pintura lubrificante no seu interior, que tem como objetivo aumentar o tempo de vida dos diafragmas das prensas de vulcanização. Os pneus são transportados para a pintura através de um GTC, no final deste processo são colocados em carros de transporte, por um robot denominado GTAL, passando à fase seguinte.

No processo de vulcanização, o pneu em verde é colocado no interior de uma prensa que é constituída por um diafragma e um molde dividido em duas partes, uma fixa e outra móvel, sendo que a móvel é subdividida em 9 partes. No momento de abertura da prensa as subdivisões da parte móvel do molde afastam-se, fazendo aumentar o diâmetro do molde, devido ao perfil cónico das peças que o constituem.

Após ter sido colocado o pneu em verde no interior da prensa, esta fecha, fazendo com que o molde feche também, até à posição final. De seguida, através da colocação de vapor de água a 170°C e a uma pressão de aproximadamente 6 bar no interior do diafragma, este vai pressionar o pneu contra o molde, garantindo assim que o pneu sai da vulcanização com o desenho do piso e com as designações necessárias para a sua identificação e posterior comercialização. Este processo tem uma duração média de 14 minutos, dependendo da especificação do pneu.

Na inspeção final existem zonas de inspeção visual onde são analisados todos os pneus construídos. Durante esta inspeção podem ser feitas pequenas correções, quando necessárias, ou no caso de não haver correção possível dentro dos parâmetros estipulados os pneus podem ser considerados *scrap*. As correções que o produto pode sofrer são remoção de excessos de borracha, deixadas pelos planos de apartação dos moldes das prensas de vulcanização e remarcações das letras de identificação dos pneus, no caso de existir algum defeito passível de ser corrigido. Os pneus que sofrem correções são novamente inspecionados visualmente e seguem para os ensaios de uniformidade e de deteção de bolhas, juntamente com os que passaram na primeira inspeção visual. Estes ensaios são realizados através da aplicação de uma carga no pneu que simula as condições mais adversas que este poderá sofrer, sendo durante os ensaios analisada a secção do pneu, por forma a que esta seja comparada com uma secção padrão, o que vai indicar se o produto está ou não uniforme. Quando é detetado que o pneu apresenta conicidade no piso são efetuadas correções através da raspagem do piso até que este fique dentro dos parâmetros padrão e o pneu passa novamente por todo o processo de inspeção.

Sempre que existe geração de *scrap* em fases anteriores à vulcanização, este é recolhido, no final de cada turno, e levado para uma secção onde são dissociados os diferentes componentes. Os componentes que podem ser recuperados são os que são constituídos apenas por borracha e a tela metálica. Os que são constituídos apenas por borracha são posteriormente levados para a mistura ou adicionados diretamente nas extrusoras, dependendo da quantidade e natureza dos compostos do material a recuperar. Estes componentes são aproveitados como *workoff*, sendo adicionados, em pequenas percentagens, para serem misturados com a matéria-prima e assim serem, novamente, realizados os compostos de borracha.

2 DEFINIÇÃO DO PROBLEMA - TRANSPORTADOR

O transportador de rolos livres por gravidade existente entre a KM e a PU nos vários módulos de construção da Continental Mabor acarreta alguns problemas, no que diz respeito à ergonomia dos operadores e à capacidade de manter o *buffer* sem causar deformação nas carcaças, podendo essa deformação resultar em *scrap* mais tarde. Estes problemas serão especificados no presente capítulo, sendo inicialmente enquadrado o transportador no processo de fabrico de pneus.

2.1 Processo de fabrico

A fase de construção de pneus em verde é bastante importante em todo o processo, tendo de ser mantido um rigor dimensional muito apertado, para que no final de todo o processo o pneu tenha as dimensões e características especificadas.

O processo de construção é realizado em duas máquinas de fabrico próprio, pela CM, empresa do grupo Continental AG. Estas duas máquinas, KM e PU, formam um módulo de construção de pneus. Na KM são construídas as carcaças que são, tal como referido atrás, constituídas por camada interna, telas têxteis e talões. A montagem destes componentes é realizada em volta de um tambor de expansão, onde são enrolados, pela seguinte ordem, o *inner liner* que é o componente que garante a estanquidade, a tela têxtil que serve de reforço à camada interna, esta tela tem pequenos furos ao longo do seu comprimento para que não fique ar entre estes dois componentes. De seguida, são colocados os talões com cunha, através de uns anéis que garantem o correto posicionamento, sendo de imediato dobrada a tela têxtil em torno destes para garantir a ligação de ambos os componentes e dar resistência às paredes laterais. No caso de fazer parte da especificação do pneu a existência de reforço de talões ou segunda tela têxtil, é nesta altura que estes componentes são inseridos. As paredes laterais são introduzidas, de seguida, por cima da zona onde foi dobrada a tela têxtil e é efetuada uma carretilhagem deste componente em volta dos talões para garantir a sua correta união. Durante a introdução das paredes laterais é-lhes colado um código de barras que servirá de identificação e rastreabilidade ao longo das restantes partes do processo. Terminada esta montagem está, então, concluída a carcaça.

Após esta fase a carcaça é transportada para a PU através da utilização de um transportador de rolos livres por gravidade. Para tal, o operador da KM retira a carcaça do tambor de expansão e, fazendo uma rotação de 90°, coloca a carcaça em cima dos rolos do transportador e aplica uma ligeira força para garantir o seu movimento, até à PU. Neste transportador é realizado um *buffer*, que pode ser tanto maior quanto menor for o diâmetro da carcaça em produção. Para que tal seja possível as carcaças ficam encostadas umas às outras e, durante o tempo de espera, acabam por se deformar. Esta deformação depende das carcaças que se estão a produzir, sendo que alguns modelos se deformam mais do que outros. Esta deformação poderá resultar no *scrap* da carcaça ou de todo o pneu, dependendo da fase em que este é gerado, conforme se demonstra mais à frente.

Após o tempo de espera necessário à continuidade do processo, o operador da PU coloca a carcaça num pequeno transportador em V que a leva até ao carregador automático de carcaças, no caso do módulo de construção de pneus ter este tipo de carregador. Este irá inicialmente segurar na carcaça pelo seu interior através da abertura, em simultâneo, de quatro braços, servindo este passo, apenas, para centrar a carcaça. O carregador automático passa, de seguida, a carcaça para um suporte que a vai segurar pelo exterior, podendo assim introduzi-la no veio que contém as cabeças de expansão. No caso do módulo de construção de pneus não ter carregador automático, o operador coloca a carcaça diretamente no veio que contém as cabeças de expansão. Para a execução do conjunto *piso/breaker* são enrolados à volta de um tambor, ajustável aos vários tamanhos de pneu que se podem produzir, o 1º e 2º *breakers* e, de seguida, o *cap ply* que pode ter várias configurações, com ou sem sobreposição e com enrolamento de uma extremidade para a outra, do meio para as pontas, etc.. Após a aplicação destes componentes é aplicado o piso, através de um alimentador de pisos que consiste num pequeno transportador que faz um simples movimento de aproximação. Finalizada a construção do conjunto, este é transportado por um anel de transferência até às cabeças de expansão, onde terá sido carregada a carcaça. Esta sofre uma expansão e, em simultâneo, as cabeças aproximam-se para dar à carcaça a forma desejada. No momento da expansão, o conjunto é colocado à volta da carcaça, por forma a que os dois conjuntos fiquem acoplados. Para garantir a correta união destes dois conjuntos, o conjunto *piso/breaker* é carretilhado, do meio para as extremidades, dando-se assim por concluída a construção do pneu em verde.

No que diz respeito ao *scrap*, apenas a carcaça é considerada como tal se este ocorrer antes do carregador a colocar nas cabeças de expansão. De outra forma, terá de ser rejeitado também o conjunto *piso/breaker* pois se este já tiver sido retirado do tambor (pelo anel de transferência) são perdidas as referências dimensionais dos dois conjuntos, resultando assim no *scrap* de um pneu em verde completo.

2.2 Processo de transporte atual

Relativamente ao transporte, a solução atual cumpre a sua função, garantindo que as carcaças são transportadas da KM para a PU, sem que esta esteja parada devido ao tempo para o respetivo transporte. Atualmente, este é assegurado por um transportador de rolos livres por gravidade, tendo, para isso, de existir uma diferença de altura entre os dois lados do transportador. Esta diferença está na origem dos problemas ergonómicos existentes para os operadores associados ao transportador, sendo o sistema demasiado elevado do lado da KM e estando bastante abaixo do valor ergonómico indicado no lado da PU.

A Figura 1 permite visualizar o transportador atual.



Figura 1 - Transportador de rolos livres por gravidade

2.2.1 Ergonomia

O Departamento de Segurança Industrial e Ambiente - DSIA, no âmbito do projeto ERGOS, pretende realizar melhorias ergonómicas em toda a fábrica de modo a diminuir o número de tarefas que possam, porventura, ser nocivas à saúde dos colaboradores. O transportador atual foi identificado como sendo pouco ergonómico para os operadores, tendo sido os responsáveis pelo projeto ERGOS a propor a alteração do sistema de transporte.

A solução atual não garante aos operadores posturas corretas aquando da manipulação das carcaças para colocação e remoção no transportador, uma vez que a altura deste na KM é demasiado elevada e na PU demasiado baixa. Esta crítica tem por base os parâmetros fornecidos pela DSIA.

As alturas de colocação e recolha da carcaça no transportador do módulo 05, módulo utilizado como referência, são 930 e 530 mm, respetivamente.

O projeto ERGOS consiste na análise e melhoria contínua das posições de trabalho, com vista a atingir as posições ergonomicamente mais corretas nos diversos postos de trabalho em toda a fábrica. No âmbito deste projeto, como instrumento auxiliar, é utilizado, pelo grupo Continental, o *software* BDS. A utilização desta ferramenta

permite avaliar a ergonomia do posto de trabalho, tendo em conta diversos fatores, o tempo de trabalho, a repetibilidade da tarefa, a carga a movimentar, a posição com que as cargas são movimentadas, a idade do operador, o género e muitos outros aspetos a ter em consideração, conforme se pode verificar nos Anexo A e B onde constam as tabelas, fornecidas pela DSIA, extraídas deste *software*. Estas tabelas correspondem à avaliação da tarefa de colocar a carcaça na KM e de a retirar na PU, respetivamente. A Figura 2 mostra uma secção da tabela do Anexo A.

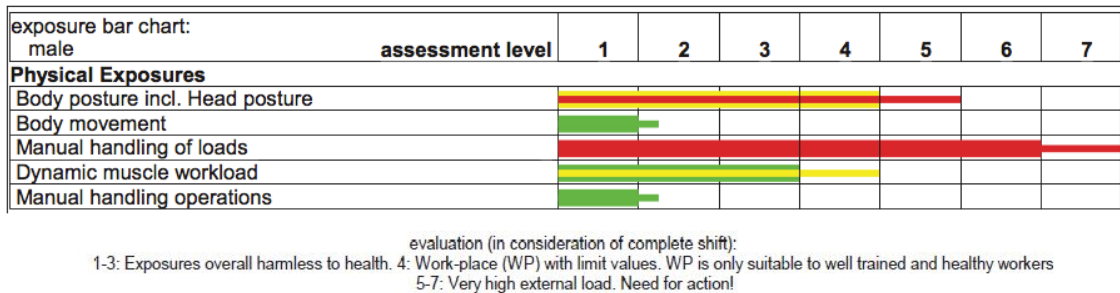


Figura 2 - Avaliação ergonómica da colocação de carcaças no transportador atual

Através da análise da Figura 2 verifica-se que a manipulação manual de cargas por parte do operador da KM, agregada ao facto da posição de trabalho não ser a ergonomicamente mais correta, é uma tarefa que necessita de intervenção por forma a prevenir possíveis problemas de saúde. A barra de menor espessura corresponde à avaliação para pessoas mais velhas.

A Figura 3 representa uma secção da tabela do Anexo B.

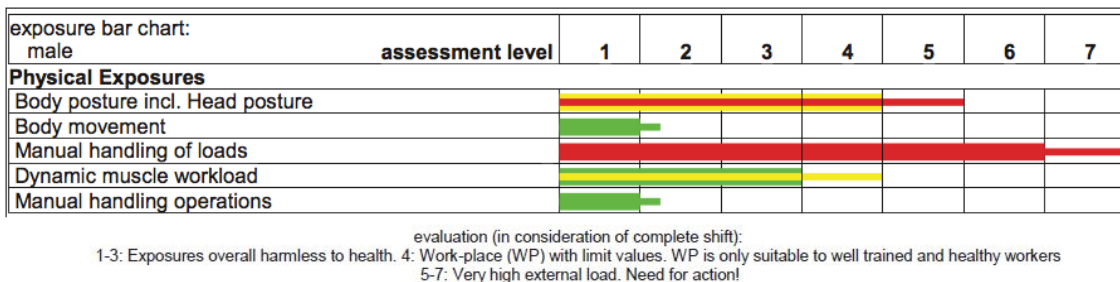


Figura 3 - Avaliação ergonómica da remoção de carcaças do transportador atual

Analisando a Figura 3 verifica-se que os resultados da avaliação ergonómica existentes na KM e na PU, considerando apenas a tarefa de colocar ou retirar a carcaça, são semelhantes. Este resultado deve-se ao facto de ambas as alturas ergonómicas se situarem dentro do mesmo intervalo de avaliação ergonómica.

No transportador atual, para iniciar a descida é necessário um impulso inicial que é dado pelos operadores da KM que empurram a carcaça. No lado da PU, as carcaças ficam em contacto umas com as outras, o que faz com que fiquem coladas. O movimento de empurrar a carcaça associado ao facto de ser necessário um movimento brusco para as descolar no lado da PU contribui para que a solução atual não seja ergonomicamente aceitável.

2.2.2 Qualidade

No que diz respeito à qualidade, nesta solução as carcaças apresentam, ao fim de algum tempo de armazenamento, uma deformação que poderá afetar o seu correto carregamento nas cabeças de expansão da PU, principalmente nos módulos em que este é feito pelo carregador automático de carcaças. O facto de existir *scrap* por mau carregamento poderá estar relacionado com esta deformação existente ao fim de algum tempo de espera, necessário para a criação do *buffer*, entre a KM e a PU.

A Figura 4 permite visualizar a deformação existente nas carcaças ao fim de algum tempo de espera no transportador atual.



Figura 4 - Carcaças deformadas ao fim de algum tempo de espera no transportador atual

O Gráfico 1 representa o *scrap* por mau carregamento face ao *scrap* total da fábrica.

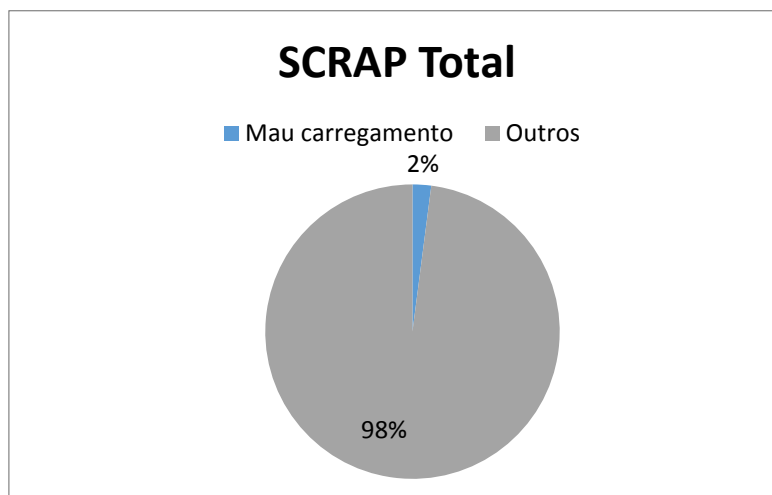


Gráfico 1 - Scrap por mau carregamento face ao scrap total da fábrica

Através da análise do Gráfico 1 é possível verificar que o *scrap* por mau carregamento representa cerca de 2% de todo o *scrap* da fábrica. Este tipo de *scrap* representa um enorme custo para a empresa, uma vez que acontece na fase de construção de pneus e o produto com imperfeição apresenta um grande valor

acrescentado por ser um conjunto de vários produtos realizados anteriormente. Analisando apenas este tipo de *scrap* e subdividindo-o obtém-se o Gráfico 2.

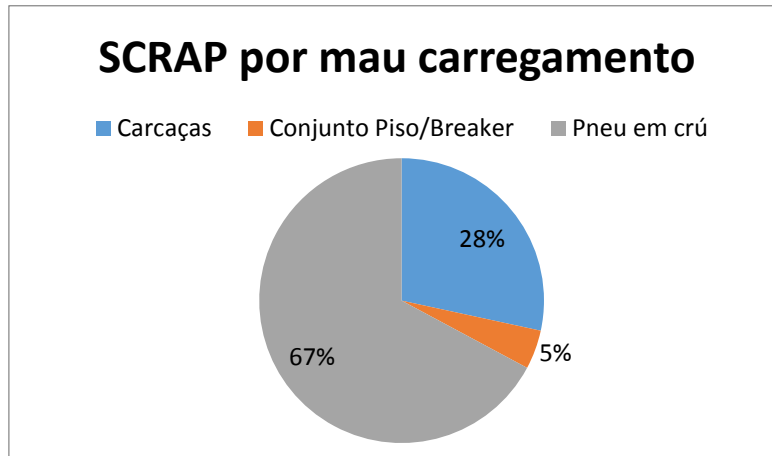


Gráfico 2 - Scrap por mau carregamento

Através da análise do Gráfico 2 é possível verificar que existem três tipos de *scrap* por mau carregamento. Quando apenas a carcaça é dada como imperfeita significa que o *scrap* ocorreu no momento em que o carregador automático de carcaças a iria segurar ou colocar nas cabeças de expansão, no entanto devido à deformação da carcaça ou possivelmente a uma avaria no carregador esta tarefa poderá tê-la danificado permanentemente. O conjunto piso/*breaker* é considerado *scrap* quando existir alguma imperfeição na carcaça e esta for detetada, apenas, após o anel de transferência ter iniciado o transporte deste conjunto. Esta classificação deve-se ao facto de o anel de transferência necessitar de realizar posição inicial, sendo por isso obrigatório remover o conjunto. O facto de ser considerado *scrap* o pneu em cru implica que este esteja danificado ou desalinhado. Esta imperfeição é detetada após a carretilhagem do conjunto piso/*breaker* com a carcaça. Este é o tipo de *scrap*, dentro da categoria mau carregamento, que tem um maior custo associado, uma vez que é quando o produto tem maior valor acrescentado.

Tendo em conta a possibilidade de parte do *scrap* por mau carregamento estar relacionado com a deformação existente nas carcaças foi feita uma análise destes dados relativos aos meses de fevereiro e março do ano 2015. Para este estudo foi, inicialmente, levantado o tipo de carregamento de cada um dos 45 módulos de construção da Continental Mabor. Existem dois tipos de carregamento, o manual e o automático, sendo que o automático pode ser dividido em três versões que foram sofrendo alterações por parte do fabricante dos módulos de construção (CM). As diferenças existentes consistem no tipo de afinação do ajuste da carcaça, os mais antigos têm afinação manual, de seguida foram feitos carregadores com afinação semiautomática e a última versão é completamente automática. Os carregadores com afinação manual têm réguas que permitem aos operadores afinar os batentes dos mecanismos de ajuste. Os carregadores automáticos foram evoluindo, sendo que, no segundo tipo a afinação é realizada através da utilização de vários sensores ao longo do cilindro pneumático que fazem atuar e desatuar a válvula, fazendo com que o cilindro pare nas posições definidas para as diferentes larguras de carcaças

em produção. Esta forma de paragem dos cilindros não é precisa, uma vez que requer afinações constantes das válvulas, pois estas demoram algum tempo a cortar o ar ao cilindro, o que faz com que este se mova além da posição definida pelo sensor. Os carregadores automáticos que acompanham os módulos de construção mais recentes têm a afinação dos batentes que limitam o ajuste controlada eletricamente, através da utilização de um servomotor e um fuso. O ajuste continua a ser realizado através da utilização de cilindros pneumáticos. No Gráfico 3 é possível ver a distribuição dos tipos de ajuste existentes nos carregadores automáticos, sendo que os módulos em que o carregamento é feito pelo operador estão identificados com NA – Não se Aplica:

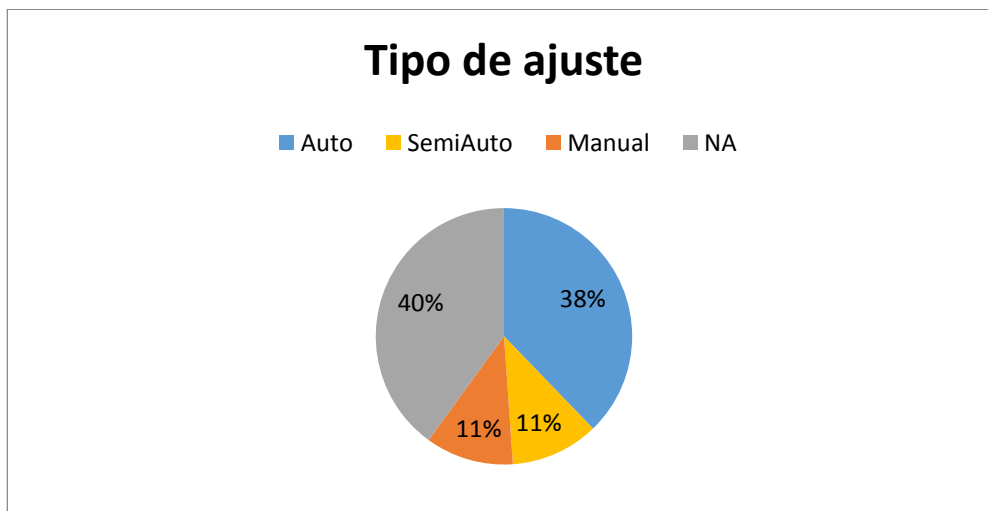


Gráfico 3 - Distribuição dos tipos de ajuste dos carregadores automáticos

Com este gráfico consegue ver-se que numa grande parte dos módulos (40%) o carregamento das carcaças é, ainda, feito pelo operador. No entanto, verificou-se que 38% dos módulos possuem carregador automático de carcaças com ajuste completamente automático. Este tipo de carregador tem tendência a aumentar à medida que forem adquiridos mais módulos de construção, quer para substituir um que esteja em fim de vida, quer para aumentar o número de máquinas, uma vez que estes são os módulos mais recentes. De seguida, fez-se uma análise do *scrap* gerado por tipo de ajuste, de modo a perceber que influência tem este fator no *scrap* por mau carregamento, conforme se pode verificar no Gráfico 4. De salientar que todas as análises de *scrap* realizadas são relativas à produção efetuada, ou seja, unidades de *scrap* geradas sobre unidades produzidas.

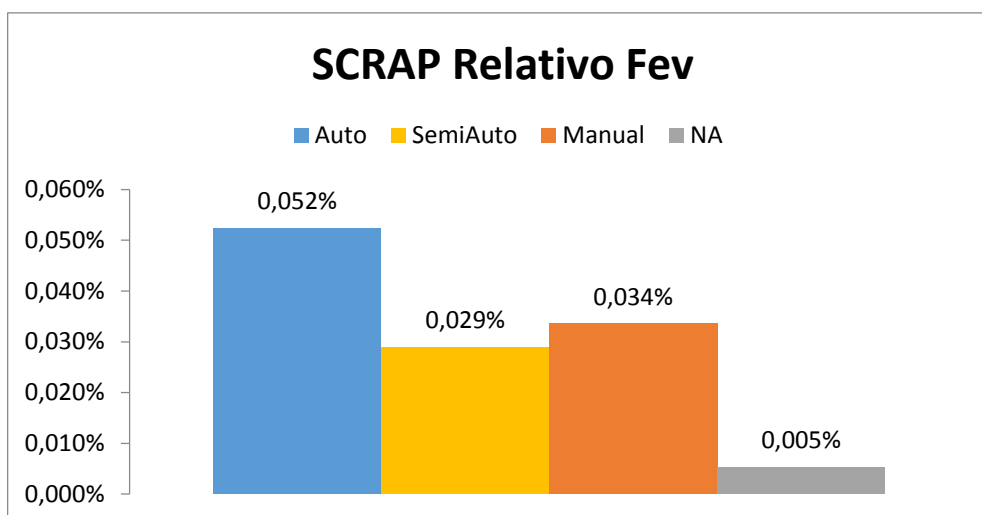


Gráfico 4 - Scrap por tipo de ajuste relativo ao mês de fevereiro

Pela análise do Gráfico 4 é possível comprovar que quando o carregamento é feito pelo operador são geradas significativamente menos unidades *scrap* por pneu produzido do que com qualquer um dos tipos de carregador automático existentes. O carregador automático com ajuste semiautomático apresenta uma evolução positiva em relação ao seu antecessor com ajuste manual, uma vez que produz menos unidades *scrap* por pneu produzido, 0,029% e 0,034%, respectivamente. A última evolução deste carregador traz desvantagens no que diz respeito ao *scrap*, tendo estes indicadores aumentado para 0,052% de unidades *scrap* por pneu produzido.

Após o estudo destes dados relativamente ao mês de fevereiro foi, também, realizada uma análise semelhante para o mês de março (Gráfico 5), para aumentar a fiabilidade destas análises.

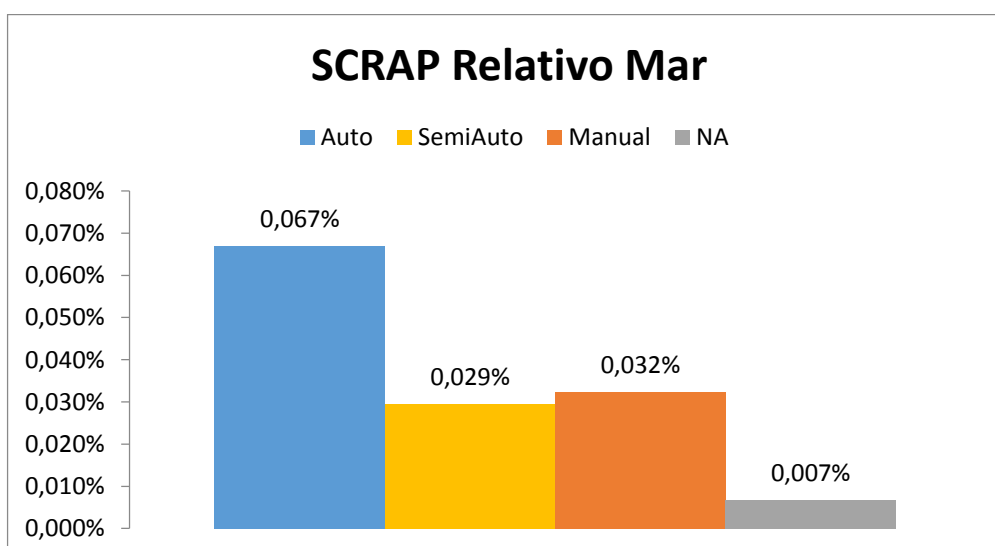


Gráfico 5 - Scrap por tipo de ajuste relativo ao mês de março

Observando o Gráfico 5 pode ver-se que as unidades *scrap* por pneu produzido no mês de março são semelhantes ao mês de fevereiro, pelo que se pode concluir que as

análises são consistentes e que não houve grandes divergências no que diz respeito às unidades *scrap*.

Utilizando os valores de produção referentes aos meses de fevereiro e março obtém-se um gráfico que não é mais do que a média dos dois gráficos anteriores.

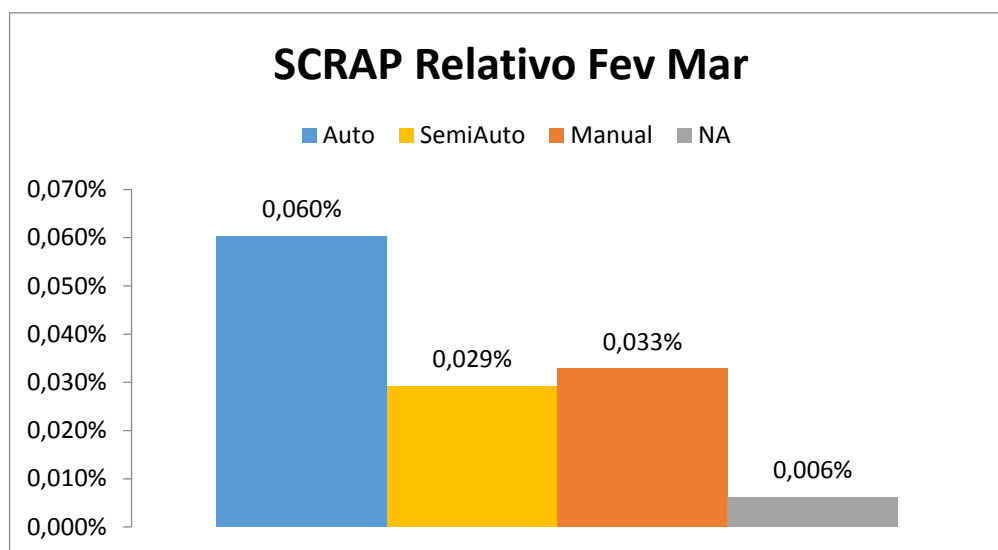


Gráfico 6 - Scrap por tipo de ajuste relativo aos meses de fevereiro e março

A partir do Gráfico 6 pode-se verificar que as variações entre os dois meses analisados são muito reduzidas, uma vez que a média dos gráficos é muito próxima dos valores obtidos individualmente. Na Tabela 1 estão indicados os valores que deram origem a este gráfico.

O facto de os módulos com a última evolução de carregador automático apresentarem uma taxa de geração de *scrap* dez vezes superior aos módulos em que o carregamento é feito pelo operador poderá estar relacionado com a deformação das carcaças durante o tempo de espera no transportador atual, pois no caso do carregamento feito pelo operador é, na maioria dos casos, facilmente corrigida a deformação da carcaça e é, também, acompanhado o início da expansão. A realização manual desta tarefa permite corrigir uma grande parte dos casos em que provavelmente um carregador automático iria danificar a carcaça.

Tabela 1 - Unidades produzidas e de scrap referentes a fevereiro e março por tipo de carregamento

<i>Tipo Carregador</i>	<i>SCRAP Fev Mar</i>	<i>Prod Fev Mar</i>	<i>% SCRAP Fev Mar</i>
<i>Auto</i>	590	979237	0,060%
<i>SemiAuto</i>	108	369904	0,029%
<i>Manual</i>	117	356404	0,033%
<i>NA</i>	81	1321155	0,006%

Pode observar-se na Tabela 1 que a quantidade de pneus produzidos pelos módulos de construção em que o carregamento da carcaça é feito pelo operador é maior do que nos módulos que têm carregadores automáticos. Esta diferença deve-se ao facto de as diversas especificações de pneus terem tempos de produção bastante

distintos, sendo que, em geral, os pneus maiores apresentam um tempo de produção superior e são construídos nos módulos mais recentes. O carregador automático permite ao operador a realização de outras tarefas no momento em que a carcaça está a ser colocada nas cabeças de expansão, tendo por isso uma contribuição positiva na diminuição do tempo de ciclo. No entanto a maior parte dos módulos com este tipo de carregador constroem pneus com tempo de ciclo superior, daí apresentarem um menor número de unidades produzidas.

Concluída a análise do *scrap* gerado por mau carregamento em função do tipo de carregador realizou-se um estudo acerca da influência do material da tela têxtil utilizada na construção da carcaça por forma a documentar a opinião geral dos operadores dos módulos de construção, sabendo que estes afirmam que as carcaças com tela Rayon têm uma deformação superior num curto espaço de tempo. Para esta análise foram recolhidas as informações necessárias referentes ao material da tela têxtil utilizada nas carcaças dos pneus produzidos nos meses de fevereiro e março. A Tabela 2 surge desta análise como comparação das unidades produzidas com as unidades de *scrap* por mau carregamento.

Tabela 2 - Unidades produzidas e de scrap relativas a fevereiro por material de tela têxtil

<i>Material da Tela</i>	<i>Scrap</i>	<i>Produção</i>	<i>% Scrap</i>
<i>Poliéster</i>	206	1020241	0,020%
<i>Rayon</i>	168	366719	0,046%
<i>Total</i>	374	1386960	0,027%

Com base na Tabela 2 foram realizados gráficos para permitir uma melhor visualização dos dados em análise.

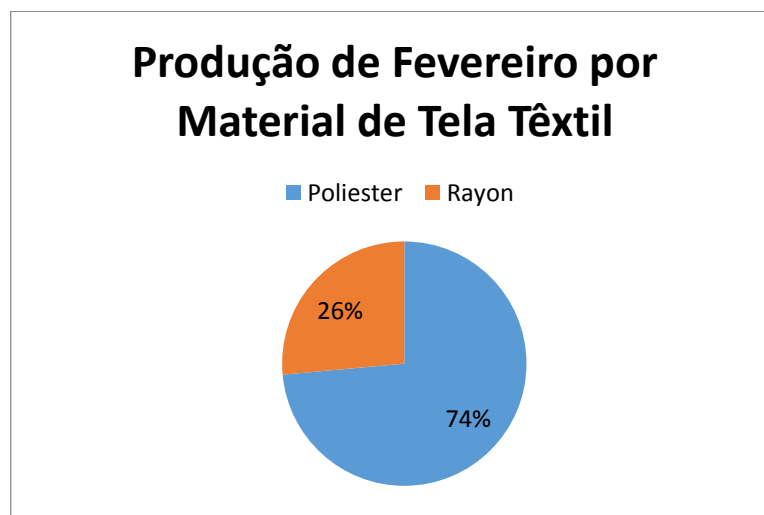


Gráfico 7 - Distribuição da produção por material de tela têxtil para o mês de fevereiro

No Gráfico 7 é possível visualizar que a tela de Poliéster é utilizada em 74% das carcaças que foram produzidas no mês de fevereiro, sendo as restantes realizadas com tela Rayon.

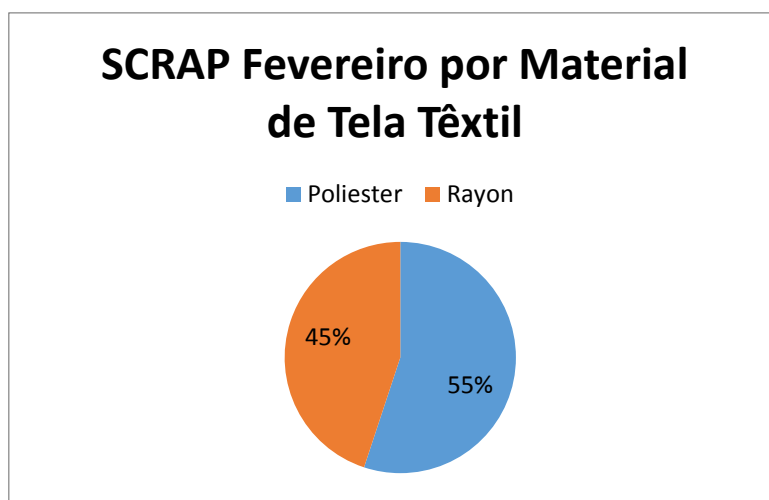


Gráfico 8 - Scrap gerado em fevereiro por material de tela têxtil

O Gráfico 8 apresenta o *scrap* gerado em fevereiro por material de tela têxtil, onde se pode verificar que 45% do *scrap* por mau carregamento é proveniente de carcaças com tela Rayon, mesmo tendo este material apresentado uma produção em fevereiro quase três vezes inferior à tela de Poliéster.

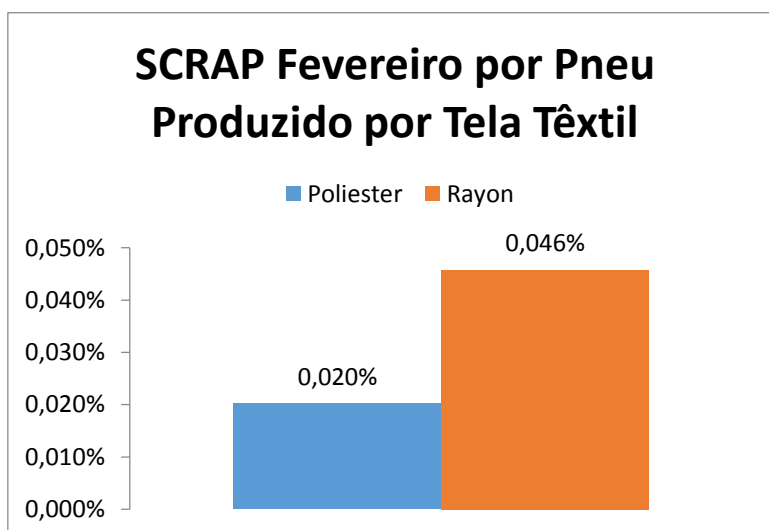


Gráfico 9 - Scrap de fevereiro por pneu produzido por material de tela têxtil

Através da análise do Gráfico 9 pode concluir-se que, de facto, a tela Rayon apresentou, em fevereiro, indicadores de *scrap* mais significativos do que a tela de Poliéster.

Foi realizada a mesma análise para o mês de março para se poder testar a veracidade das conclusões obtidas referentes a fevereiro.

Tabela 3 - Unidades produzidas e de scrap relativas a março por material de tela têxtil

Material da Tela	Scrap	Produção	% Scrap
<i>Poliéster</i>	278	1201230	0,023%
<i>Rayon</i>	238	431558	0,055%
<i>Total</i>	516	1632788	0,032%

A partir da Tabela 3 foram realizados gráficos que permitem uma melhor análise destes dados.

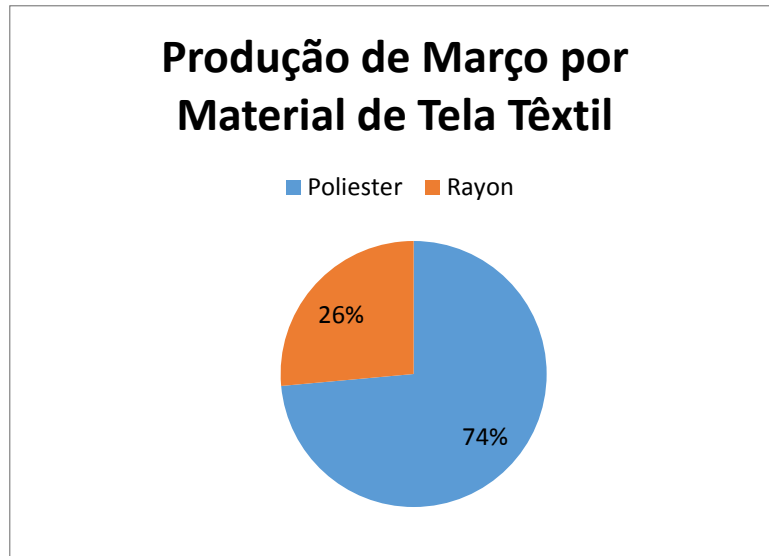


Gráfico 10 - Distribuição da produção por material de tela têxtil para o mês de março

À semelhança do mês de fevereiro, como se pode verificar no Gráfico 10, a produção de pneus com tela Rayon representa 26% da produção total, sendo o restante produzido com tela de Poliéster.

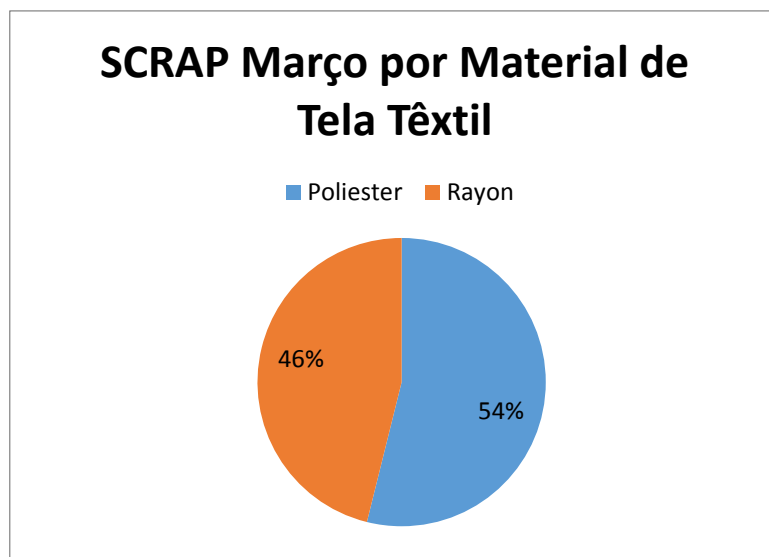


Gráfico 11 - Scrap gerado em março por material de tela têxtil

Avaliando o Gráfico 11 verifica-se que a tela Rayon é responsável por praticamente metade do *scrap* por mau carregamento, ainda que a sua produção seja um terço da tela de Poliéster.

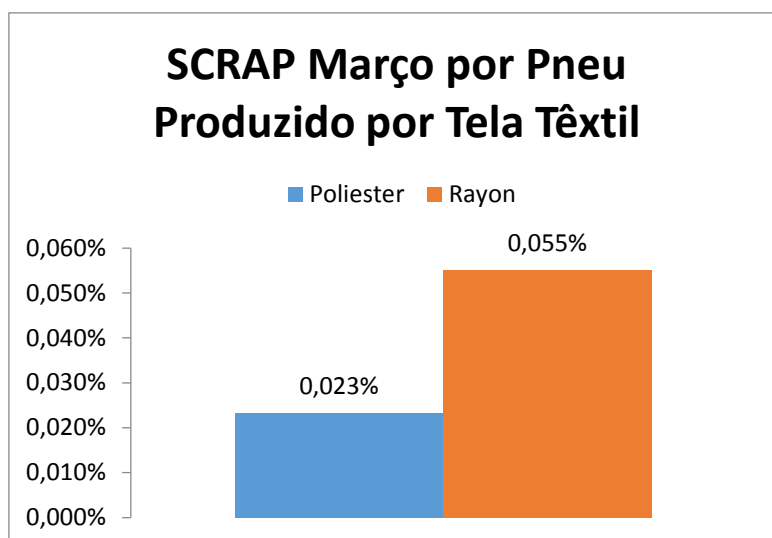


Gráfico 12 - Scrap de março por pneu produzido por material de tela têxtil

A análise do Gráfico 12 e comparação com o Gráfico 9 permite concluir que há uma relação direta entre a utilização de tela Rayon para a construção de pneus e o aumento do *scrap* gerado por mau carregamento.

Considerando apenas a fase de construção de pneus e supondo que a alteração é de simples implementação foram calculadas as unidades que deixariam de ser *scrap* no caso de haver apenas tela de Poliéster. Para tal foram assumidas as taxas de geração de *scrap* da tela de Poliéster para os dois meses em análise.

Tabela 4 - Redução de scrap com utilização de tela de Poliéster no mês de fevereiro

<i>Material da Tela</i>	<i>Scrap</i>	<i>Produção</i>	<i>% Scrap</i>
<i>Poliéster</i>	206	1020241	0,020%
<i>Poliéster*</i>	74	366719	0,020%
<i>Total</i>	280	1386960	0,020%

Analisando a Tabela 4 e comparando com a Tabela 2 é possível visualizar que a tela Rayon foi substituída por tela de Poliéster* e foram calculadas as unidades de *scrap* previstas para esta alteração. Considerando o total de unidades *scrap* obtido e o valor previsto ao utilizar apenas tela de Poliéster verifica-se uma redução significativa.

Tabela 5 - Vantagens previstas de utilizar apenas tela de Poliéster no mês de fevereiro

	<i>Produção</i>	<i>% Redução Scrap</i>
<i>Vantagem</i>	94	25,12%

A Tabela 5 apresenta as vantagens previstas com esta alteração hipotética, onde é possível concluir que haveria uma redução do *scrap* gerado por mau carregamento de 94 unidades, que passariam a ser pneus em verde que iriam seguir para a

vulcanização. Esta melhoria representaria uma redução de cerca de 25% do *scrap* por mau carregamento.

A mesma análise foi efetuada para o mês de março, por forma a conseguirem validar-se os resultados obtidos.

Tabela 6 - Redução de scrap com utilização de tela de Poliéster no mês de março

<i>Material da Tela</i>	<i>Scrap</i>	<i>Produção</i>	<i>% Scrap</i>
<i>Poliéster</i>	278	1201230	0,023%
<i>Poliéster*</i>	100	431558	0,023%
<i>Total</i>	378	1632788	0,023%

Comparando a Tabela 6 com a Tabela 3 é possível concluir que, à semelhança do mês de fevereiro e no que diz respeito ao *scrap* por mau carregamento, haveria vantagens na implementação desta medida, uma vez que a redução das unidades de *scrap* é significativa.

Tabela 7 - Vantagens previstas de utilizar apenas tela de Poliéster no mês de março

	<i>Produção</i>	<i>% Redução Scrap</i>
<i>Vantagem</i>	138	26,77%

Através da Tabela 7 é possível verificar que as vantagens da implementação desta medida no mês de março seriam superiores às obtidas para o mês de fevereiro, o que permite concluir que quanto maior for a produção maiores seriam as vantagens de substituir a tela de Rayon pela de Poliéster. Esta medida significaria, para o mês de março, uma redução do *scrap* por mau carregamento de cerca de 27%, o que corresponderia a 138 pneus em verde.

Importa salientar que esta medida não é de fácil implementação, uma vez que implicaria a alteração da especificação de todos os pneus que utilizam tela Rayon. Desta forma, o desenvolvimento de um novo conceito de transportador pretende melhorar os problemas de qualidade, tendo em vista uma redução do *scrap* por mau carregamento.

Com esta análise é possível concluir que a existência de carregadores automáticos produz uma maior taxa de *scrap* e ainda que, os pneus que são construídos com tela Rayon têm uma maior probabilidade de gerar *scrap* por mau carregamento, devido à baixa resistência da carcaça. Esta análise potencia o estudo de uma solução que garanta que as carcaças não se deformem durante o tempo de espera, por forma a reduzir o *scrap*.

2.2.3 Produção

Na fase de construção de pneus, não é contabilizado o tempo de transporte das carcaças, uma vez que este é muito reduzido face ao tempo de ciclo da KM e da PU, sendo um destes dois processos o *bottleneck* da fase e nunca o transporte.

Para os módulos de construção mais antigos, o tempo de produção de uma carcaça é significativamente mais baixo do que o necessário para a realização do conjunto piso/*breaker* e posterior construção do pneu em verde, permitindo assim a realização de um *buffer*. A existência deste *buffer* é vantajosa para que seja mantida a continuidade do processo já que a PU é o *bottleneck* destes módulos de construção e que a sua paragem implica a não produção por parte da máquina. Como tal é necessário garantir que no caso de avaria da KM a PU não fica parada à espera de carcaças. Nos módulos de construção mais recentes, dependendo da especificação do pneu a produzir, a KM pode ser o *bottleneck* da fase, o que significa que mantendo a produção normal destas especificações de pneu não será possível a criação de *buffer*.

Devido à necessidade de criar um *buffer* para acumular carcaças e à variação dos seus diâmetros calculou-se o número máximo de unidades que se pode acumular ao longo do transportador atual de referência para os diferentes diâmetros. Este cálculo foi realizado considerando uma espessura constante para as carcaças. Os parâmetros não variáveis que influenciam este cálculo encontram-se na Tabela 8.

Tabela 8 – Parâmetros não variáveis que influenciam o cálculo de unidades máximas no buffer do transportador atual de referência

<i>Comprimento máximo da estrutura</i>	5600 mm
<i>Espessura da carcaça</i>	35 mm

A Tabela 9 mostra a variação da quantidade máxima de carcaças que se poderiam acumular no transportador de rolos livres por gravidade de referência, tendo em conta o diâmetro do pneu em produção.

Tabela 9 - Quantidade máxima de carcaças possível no buffer do transportador atual

<i>Diâmetro [polegadas]</i>	<i>Quantidade máxima de carcaças</i>
14	13
15	12
16	11
17	11
18	10
19	10
20	9
21	9
22	8
23	8
24	8

Como se pode verificar pela análise da Tabela 9, o transportador atual permite criar um *buffer* tanto maior quanto menor for o tamanho das carcaças em produção, devido ao facto de estas serem acumuladas em contacto umas com as outras. É visível, por vezes, uma quantidade de carcaças superior à

supramencionada, no entanto as carcaças que se encontram na parte inferior do transportador apresentam uma deformação não desejada por estarem a suportar o peso de todas as outras.

2.3 Requisitos para o novo conceito de transportador

O novo conceito de transportador de carcaças da KM para a PU tem de ser capaz de cumprir os requisitos propostos pelos vários departamentos envolvidos, o DP – Departamento de Produção, o DQ – Departamento da Qualidade, a DSIA – Departamento de Segurança Industrial e Ambiente e o DE II – Departamento de Engenharia II, onde foi desenvolvido o projeto.

2.3.1 Ergonomia

Segundo a DSIA, a altura ideal seria manter o centro da carcaça à altura do cotovelo do operador. De acordo com os dados antropométricos da população adulta portuguesa do Anexo C, pode verificar-se, analisando a população masculina, que a altura ergonómica seria de, aproximadamente, 1000mm - P₅ h Cotovelo da tabela em anexo.

Desta forma, a altura ergonómica deveria ser de cerca de 1000 mm, para ambos os postos de trabalho, da KM e da PU.

2.3.2 Qualidade

O departamento da qualidade apresenta, como requisitos para um novo transportador, a necessidade de as carcaças serem mantidas sem deformação durante o tempo de espera e de transporte. Para tal, é necessário ter em atenção que, na solução atual, existem carcaças que se deformam ao fim de cerca de 5 segundos de armazenamento dependendo da especificação de pneu que se estiver a produzir. Esta necessidade tem como objetivo a prevenção do *scrap* por mau carregamento.

2.3.3 Produção

Os requisitos exigidos pelo departamento de produção focam-se, essencialmente, no tempo de ciclo mínimo, nas especificações limite das diferentes carcaças e na capacidade de realizar o *buffer*.

O tempo de ciclo mínimo do processo da PU são 33 segundos, pelo que o novo conceito de transportador terá de ser capaz de colocar carcaças do lado da PU num intervalo de tempo inferior a este.

O tempo de transporte não deve influenciar o processo, ou seja, não deve ser superior ao tempo de ciclo mínimo existente nos módulos de construção.

O tempo de mudança de ferramenta (*setup*) não deve ser afetado pelo novo conceito de transportador de carcaças da KM para a PU.

O *buffer* pretendido pela produção é de 9 carcaças, por forma a que a produção do módulo de construção não pare em possíveis avarias. Este valor foi discutido, por

forma a conseguir obter-se uma redução do *buffer* para 8 carcaças, uma vez que não é possível manter as 9 sem deformação no espaço existente entre a KM e a PU.

O novo conceito tem de ser capaz de armazenar e transportar carcaças com uma massa de 3 a 8 Kg, com um diâmetro que pode variar entre 14 e 24” e com uma largura máxima de 550 mm.

2.3.4 Engenharia

O departamento de engenharia II, como responsável pela manutenção e projetos existentes na fase de construção, preparação a frio, preparação a quente (APEX e CTA), GTC e pintura da Continental Mabor, sugere que o novo conceito deveria ter manutenção reduzida, facilidade de acesso a peças que exijam manutenção e um baixo custo de execução, por forma a que não haja obstáculos à implementação do conceito.

3 ANÁLISE DE SOLUÇÕES DO MERCADO

Este capítulo consiste na análise de soluções existentes na indústria para o transporte de carcaças da KM para a PU, assim como de algumas soluções existentes noutras fábricas do grupo Continental AG. Em alguns países, os módulos de construção encontram-se dispostos de forma diferente, sendo que a KM não está localizada perto da PU, pelo que a solução utilizada por estes não será viável.

3.1 Transportador linear motorizado

O estudo da viabilidade da utilização de um transportador linear motorizado (*conveyor*) realizou-se, de forma breve, uma vez que esta é uma solução existente na Continental Mabor, embora para utilizações distintas do transporte de carcaças. A Figura 5 mostra o transportador linear motorizado que realiza o transporte de pneus em verde na saída da máquina de pintura. Este tipo de transportador é utilizado para o transporte de pneus em verde (GTC) no interior da fábrica.



Figura 5 - Transportador linear motorizado para o transporte de pneus em verde

A simplicidade de funcionamento e de implementação são vantagens na utilização deste tipo de transportadores, no entanto esta solução apenas permite a resolução dos problemas ergonómicos, uma vez que podia realizar-se o transportador com a altura ergonómica pretendida.

Os problemas de qualidade continuariam por resolver, pois com este tipo de transportador as carcaças teriam de ser colocadas de forma idêntica à atual. Relativamente à produção, para a criação de *buffer* seria necessário segmentar os transportadores, ou seja, utilizar 8 transportadores lineares motorizados, com motorização independente, para que fosse possível acumular carcaças ao longo dos 5600 mm que separam a PU da KM. Esta necessidade iria encarecer a solução, para além da dificuldade existente na programação necessária por forma a que as carcaças não se deformassem na passagem entre segmentos de transportador.

O conjunto de desvantagens associado à utilização deste tipo de transportador inviabilizam a sua implementação.

3.2 Transportador em V

A utilização de transportadores em V noutras fábricas do grupo Continental AG suscitou um breve estudo acerca da implementação deste tipo de solução de transporte. A Figura 6 apresenta um transportador em V utilizado nos carregadores automáticos de carcaças da PU.



Figura 6 - Transportador em V de um carregador automático de carcaças da PU

Este tipo de solução é semelhante ao transportador linear motorizado, pelo que os problemas de qualidade continuariam a existir, assim como a dificuldade na acumulação e passagem de carcaças, sendo apenas possível resolver os problemas ergonómicos relacionados com a altura de colocação e remoção de carcaças.

3.3 Solução Robotizada

A apresentação de uma solução robotizada tem como objetivo a colocação da carcaça diretamente nas cabeças de expansão da PU. Esta solução permitiria eliminar os

problemas existentes associados ao carregamento das carcaças, tanto nos casos em que este é realizado pelo operador como quando é feito pelo carregador automático. Esta solução seria utilizada em conjunto com uma solução capaz de transportar as carcaças sem deformação desde a KM até à PU, garantindo uma posição de trabalho ergonómica para o operador da KM, uma vez que na PU seria o robot a remover a carcaça do transportador.

Para o estudo desta solução seria desenvolvida uma garra que permitisse agarrar corretamente a carcaça e colocá-la nas cabeças de expansão sem a deformar. Para tal realizaram-se contactos com dois fabricantes de robots, a KUKA e a Universal Robots. Ambas as empresas apresentam como solução a utilização de robots colaborativos. Este tipo de robots pode trabalhar ao lado de um operador, pelo que não necessitaria de estar num local vedado, o que permitiria a sua implementação em espaço partilhado com o operador.

As especificações dos robots propostos pelos fabricantes KUKA e Universal Robots são muito semelhantes. Ambas as soluções teriam de ser analisadas pela empresa, sendo que para a implementação de uma solução de tal complexidade e investimento seria necessária uma grande disponibilidade por parte dos dois intervenientes, a Continental Mabor e o fabricante.

A solução proposta pelo fabricante KUKA visa o desenvolvimento em parceria de uma garra para manipular as carcaças, no entanto a implementação de uma solução robotizada mobilizaria muitos recursos, quer humanos quer financeiros, o que por si só inviabiliza o estudo deste tipo de solução no âmbito desta dissertação. A possibilidade de implementação deste tipo de solução continua em aberto, pelo que o estudo da sua viabilidade terá de ser conduzido internamente pela empresa.

4 APRESENTAÇÃO DE NOVAS SOLUÇÕES

A procura de novas soluções foi, numa primeira fase, dividida em duas partes por forma a separar a solução de suporte das carcaças da do seu transporte, ainda que por vezes não seja possível fazer esta dissociação. A primeira questão a ser estudada foi a do suporte visto ser a de maior dificuldade por estar relacionada com parâmetros de qualidade no armazenamento das carcaças. À medida que surgiam ideias para a solução de suporte iam sendo pensadas formas de realizar o seu transporte, com vista a eliminar soluções que, por algum motivo, não fossem possíveis de implementar. A apresentação de novas soluções encontra-se dividida em soluções de suporte e de transporte, seguindo uma ordem cronológica.

As figuras apresentadas ao longo dos capítulos que se seguem foram obtidas através da utilização do *software Solidworks®*.

4.1 Soluções de armazenamento

O estudo de soluções de armazenamento foi realizado com o objetivo de minimizar a deformação existente, até à data, nas carcaças que se encontram em espera no transportador de rolos livres. As novas soluções procuram garantir um melhor apoio e mais bem distribuído pela carcaça, de modo a evitar esta deformação não desejada.

4.1.1 Solução de armazenamento 1

A primeira solução estudada representa um suporte com 3 apoios e regulação automática para os vários tamanhos de carcaça. A Figura 7 representa, de uma forma esquemática, a primeira ideia de suporte, onde a parte superior é fixa e os cilindros laterais realizam o ajuste para os vários diâmetros necessários, estando apoiados numa guia linear e sendo o seu movimento realizado por um fuso com rosca esquerda e direita.

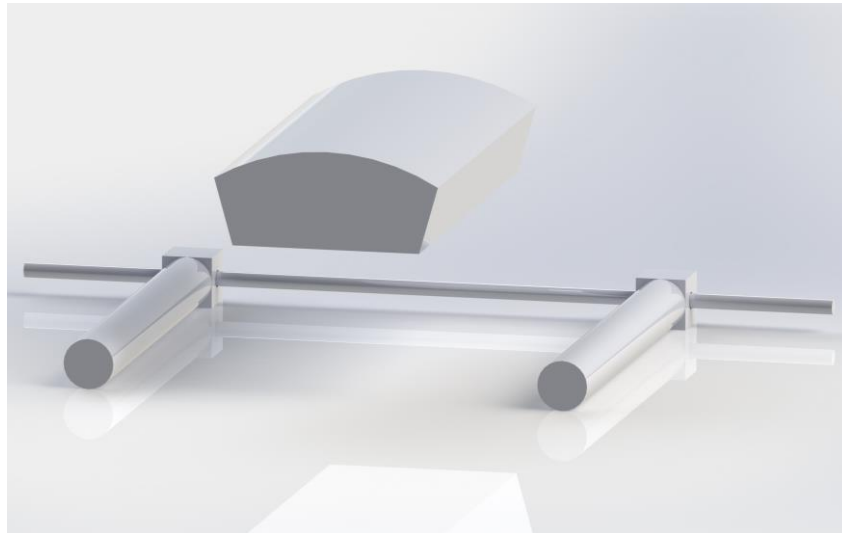


Figura 7 - Solução de armazenamento 1

A parte fixa do suporte (em meia lua) garante, por si só, um bom apoio da carcaça, uma vez que não permite que a distância entre talões se altere durante o tempo de espera. O seu raio, por ser fixo, teria de ser de igual valor ao da carcaça menor para não a danificar, resultando num menor apoio para as carcaças maiores. No entanto, este apoio da parte fixa seria sempre melhor do que um cilindro apenas, uma vez que não iria danificar tanto os talões. A parte móvel tem como objetivo melhorar o apoio e diminuir a ovalização da carcaça, de modo a manter a sua forma mais próxima da inicial.

A aplicação desta solução implicaria um custo muito elevado ou dificuldade na colocação e remoção da carcaça, uma vez que esta solução poderia ser implementada com um motor por suporte ou com um motor que fizesse o ajuste de todos os conjuntos em simultâneo. No caso de ser utilizado um motor por suporte o ajuste seria realizado no momento em que o operador colocaria a carcaça, no entanto esta solução ficaria demasiado dispendiosa devido ao número de motores necessários. Na opção de um motor para ajustar todos os conjuntos em simultâneo, este ajuste seria realizado apenas no momento de *setup*, o que levaria a uma difícil colocação e remoção da carcaça no suporte, uma vez que esta e o suporte teriam aproximadamente o mesmo diâmetro.

4.1.2 Solução de armazenamento 2

A segunda solução estudada considera a existência de vários suportes em semicírculo, onde em cada um seriam apoiadas dois diâmetros diferentes de carcaça. Esta solução encontra-se representada na Figura 8, onde é possível verificar que esta solução iria garantir um apoio muito bom da carcaça. No entanto, este suporte não é possível de implementar devido ao espaçamento entre os semicírculos ser demasiado reduzido.

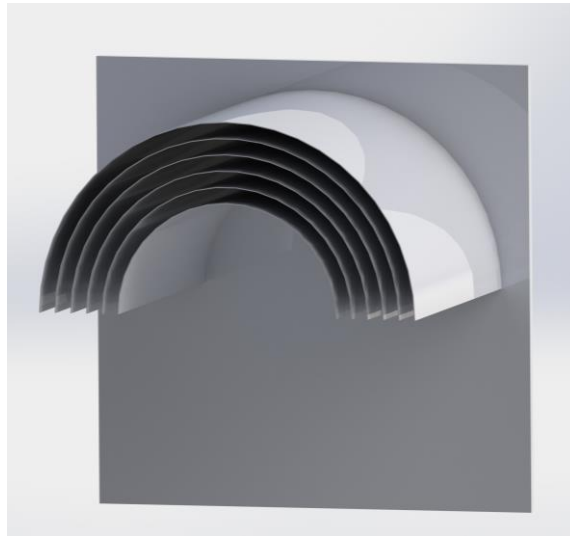


Figura 8 - Solução de armazenamento 2

Apesar da vantagem do apoio neste suporte, não é possível a sua implementação devido ao espaçamento entre os semicírculos ser de 24 mm, o que significa que é demasiado reduzido para a colocação de uma carcaça. Realizou-se a medição da espessura de duas carcaças com especificações diferentes e constatou-se que o valor é de 35 mm, o que faz com que nesta solução não seja possível a colocação de carcaças. Este facto fez com que fosse analisada uma opção semelhante onde cada semicírculo iria garantir o apoio de três diâmetros diferentes de carcaça, como se pode ver na Figura 9.

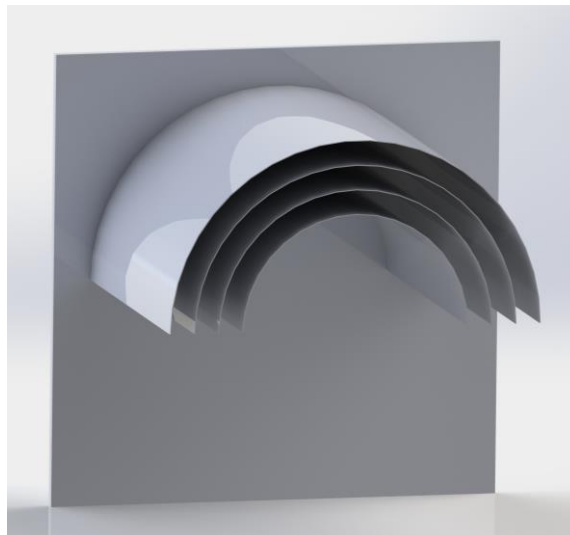


Figura 9 - Solução de armazenamento 2, 2ª versão

Nesta solução existiria um espaçamento entre os semicírculos de 38,1 mm. Esta distância permitiria a colocação de uma carcaça, embora esta tarefa não fosse simples devido à folga que iria ser demasiado reduzida.

No seguimento da análise anterior verificou-se a possibilidade de acomodar quatro diâmetros de carcaça por semicírculo, ficando, no primeiro as carcaças de 14, 15, 16 e 17", no segundo as 18, 19, 20 e 21" e no terceiro as de 22, 23 e 24". Esta solução foi

posteriormente descartada, devido à dificuldade na colocação das carcaças e à necessidade de acomodar uma carcaça com um diâmetro cerca de 76 mm (3") maior do que o valor do suporte, o que iria provocar ovalização em algumas carcaças.

4.1.3 Solução de armazenamento 3

A terceira solução de armazenamento consiste, como se pode ver na Figura 10, numa cruzeta que faria o ajuste, conforme o diâmetro da carcaça em produção, de um sistema mecânico que iria garantir o seu apoio em quatro pontos.

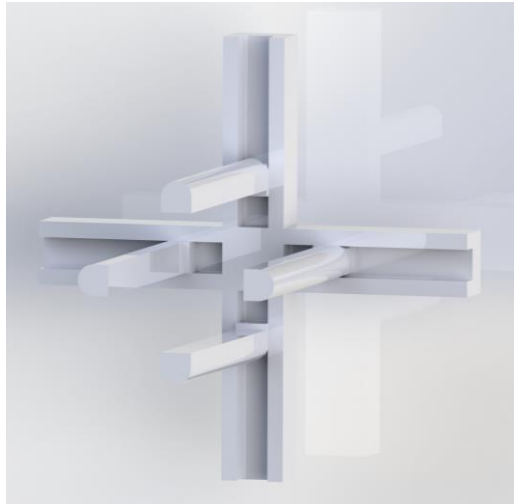


Figura 10 - Solução de armazenamento 3

Para a realização do ajuste seria necessária a utilização de quatro segmentos de guia linear, um por cada braço da cruzeta, de quatro fusos, um com rosca esquerda e três com rosca direita e de um redutor com uma entrada e quatro saídas (a configuração dos fusos está diretamente relacionada com a do redutor). Para que o ajuste fosse automático seria também necessário um motor, tornando esta solução dispendiosa, ainda que garanta um bom apoio da carcaça. Este conjunto de armazenamento foi previsto para estar em movimento, daí ter-se pensado na hipótese de haver apenas um motor que fizesse o ajuste de todos os conjuntos. Para tal seriam utilizadas embraiagens eletromagnéticas que permitiriam o acoplamento do redutor ao motor no momento de *setup*, no entanto a utilização deste componente implicaria um rigor dimensional apertado por forma a que fossem garantidas as suas tolerâncias de funcionamento. Na Tabela 10 é possível verificar o custo estimado de alguns dos componentes que seriam necessários para a realização deste mecanismo de ajuste.

Tabela 10 - Custo estimado da solução de armazenamento 3

<i>Peça</i>	<i>Preço [€]</i>	<i>Quantidade</i>	<i>Preço total [€]</i>
<i>Fuso - Roton</i>	12	4	48
<i>Porca - Roton</i>	24	4	96
<i>Redutor - Tandler</i>	1222	1	1222
<i>Embraiagem eletromagnética - Ortlinghauss</i>	900	1	900
<i>Total</i>			2266

Analisando a Tabela 10 verifica-se que o elevado custo desta solução deve-se ao custo do redutor e da embraiagem. No entanto, o valor da embraiagem iria reduzir por ser apenas necessário um prato móvel que estaria solidário com o veio de saída do motor e um prato fixo por conjunto de ajuste que estaria solidário com o veio de entrada do redutor. O custo do motor que faria o ajuste de cada conjunto seria diluído pelo número de conjuntos, no entanto seria notório um aumento no custo de implementação desta solução.

4.1.4 Solução de armazenamento 4

A quarta solução de armazenamento encontra-se representada na Figura 11 e consiste num suporte que iria garantir o apoio da carcaça em três pontos.



Figura 11 - Solução de armazenamento 4

Neste mecanismo o apoio seria dado por três cilindros que teriam ajuste recorrendo ao uso de guias lineares e ao peso da carcaça, sendo que um deles apenas teria translação vertical e os restantes horizontal. O cilindro com translação vertical estaria fisicamente ligado aos outros através de duas barras e estaria seguro por um íman permanente que garantisse que o triângulo, realizado pelos 3 cilindros, se mantinha fechado quando não tivesse nenhuma carcaça. O objetivo de manter o mecanismo nesta posição é facilitar a colocação e remoção da carcaça por parte do operador. O cilindro superior desceria com o peso da carcaça, até que os outros fizessem o ajuste contra esta, garantindo assim o seu apoio em três pontos. Os cilindros que fariam o suporte da carcaça teriam de rodar, por forma a evitar que esta ficasse torcida no momento da sua colocação, permitindo assim facilitar esta tarefa ao operador e garantindo que as possíveis tensões existentes na carcaça iriam ser mais bem distribuídas.

O custo estimado para a realização desta solução encontra-se representado na Tabela 11.

Tabela 11 - Custo estimado da solução de armazenamento 4

<i>Peça</i>	<i>Preço [€]</i>	<i>Quantidade</i>	<i>Preço total [€]</i>
<i>Estrutura</i>	4,00	1	4,00
<i>Guias 32 - INA</i>	100,10	1	100,10
<i>Patins 32 - INA</i>	66,68	3	200,04
<i>Tubos de apoio</i>	22,00	3	66,00
<i>Total</i>			370,14

Pela análise da Tabela 11 verifica-se que grande parte do custo desta solução encontra-se nos patins e nas guias lineares.

4.2 Soluções de transporte

O desenvolvimento de soluções de transporte surgiu para fazer face às necessidades existentes visto não ter sido encontrada, no mercado, nenhuma solução que o fizesse. As soluções de transporte que serão apresentadas no presente capítulo foram desenvolvidas tendo em conta o sistema que iria ser utilizado para o armazenamento das carcaças. A solução de armazenamento utilizada para o estudo do transportador foi a número 4, visto ser a solução com maior probabilidade de sucesso e que apresenta menor custo, das apresentadas. Os custos apresentados para as soluções de transporte contemplam o custo associado aos 8 suportes de carcaças necessários para a realização do *buffer*.

4.2.1 Solução de transporte 1

A primeira solução de transporte contempla a utilização de guias curvas para suportar os conjuntos de armazenamento e de 8 motores para realizar o seu transporte. A utilização de um motor por conjunto de armazenamento serve para permitir a movimentação individual de cada suporte, de forma a possibilitar a criação do *buffer*. O movimento é assegurado por um pinhão no veio de saída de cada motor e uma cremalheira curva, conforme se pode verificar na Figura 12.

*Figura 12 - Solução de transporte 1*

A utilização de 8 motores, um por cada conjunto de armazenamento, nesta solução de transporte advém da necessidade de redução do *buffer* para 8 unidades. Esta

redução está relacionada com a utilização da solução de armazenamento 4 que implica que o número máximo de unidades acumuladas seja fixo, pois o seu comprimento tem um valor constante. Este fator associado ao facto de o novo conceito de transportador não dever apresentar um comprimento superior ao da solução atual faz com que tenha de existir esta redução.

Para esta solução de transporte, cada moto-redutor teria de ter a potência necessária para movimentar, ao longo de todo o transportador, um conjunto de armazenamento com carcaça. Para tal, realizaram-se os cálculos por forma a saber a potência necessária na situação mais crítica desta solução, que é o momento em que é realizada a subida de um conjunto de armazenamento com carcaça. Para estes cálculos foram arbitrados valores para o tempo de ciclo do transportador e para o raio primitivo do pinhão, tendo em conta o tempo de ciclo mínimo dos módulos de construção e o módulo da cremalheira de 2,5, respetivamente. Na Tabela 12 encontram-se os parâmetros necessários para o cálculo do motor.

Tabela 12 - Parâmetros necessários para o cálculo do moto-redutor na solução de transporte 1

<i>Parâmetros</i>	<i>Medidas</i>
<i>Comprimento suporte</i>	700 mm
<i>Raio guia transportador</i>	600 mm
<i>Comprimento estrutura total</i>	5600,0 mm
<i>Raio cremalheira</i>	450,0 mm
<i>Raio pinhão</i>	25,0 mm
<i>Comprimento de arco cremalheira</i>	1413,7 mm
<i>Distância linear cremalheira</i>	3700,0 mm
<i>Distância percorrida pelo motor</i>	5113,7 mm
<i>Massa suporte</i>	10 kg
<i>Massa carcaça</i>	10 kg
<i>Massa motor</i>	15 kg
<i>Massa total</i>	35 kg
<i>Aceleração da gravidade</i>	9,81 m/s ²
<i>Tempo KM-PU</i>	10 s

Os cálculos efetuados para a especificação do moto-redutor encontram-se na Tabela 13.

Tabela 13 - Cálculo do moto-redutor para a solução de transporte 1

<i>Moto-redutor</i>	
<i>Massa a transportar</i>	35 kg
<i>Tempo KM-PU</i>	10 s
<i>Velocidade linear motor</i>	0,51 m/s
<i>Velocidade angular pinhão</i>	20,45 rad/s
<i>Rotação saída</i>	195 rpm
<i>Binário saída</i>	8,58 Nm
<i>Potência mecânica</i>	0,18 kW

Com estes valores é possível realizar uma comparação e validar a proposta feita pela SEW-EURODRIVE, como se pode verificar na Tabela 14.

Tabela 14 - Comparação dos cálculos do moto-redutor com a proposta da SEW-EURODRIVE para a solução de transporte 1

<i>Moto-redutor</i>	<i>Calculado</i>	<i>Proposta SEW</i>	
<i>Rotação saída</i>	195	195	rpm
<i>Binário saída</i>	8,58	16	Nm
<i>Potência mecânica</i>	0,18	0,55	kW
<i>Relação redutor</i>	-	10,25	
<i>Rotação entrada</i>	-	2002	rpm
<i>Binário motor</i>	-	1,56	Nm

Pela análise da Tabela 14 pode concluir-se que a proposta obtida garante as especificações necessárias e assegura a existência de um coeficiente de segurança que se encontra calculado na Tabela 15.

Tabela 15 - Coeficiente de segurança na escolha do motor para a solução de transporte 1

<i>Coeficiente de segurança</i>	
<i>Potência calculada</i>	0,18
<i>Potência do motor SEW</i>	0,55
<i>Coeficiente de segurança</i>	3,13

Devido ao facto de os motores realizarem um movimento circular sempre no mesmo sentido, verificou-se a impossibilidade de utilizar um sistema convencional de alimentação e controlo dos motores visto não poderem ser utilizadas cablagens porque se iriam entrelaçar. Desta forma, para efetuar a alimentação seria utilizada uma calha eletrificada com a mesma forma da guia curva mas com um raio superior. A utilização deste tipo de calha implicaria que o *drive* do motor estivesse junto do mesmo, uma vez que a calha não poderia alimentar todos os motores de igual forma porque nesse caso não se movimentariam individualmente. O pedido de orçamentação realizado à SEW teve em conta esta necessidade pelo que, o moto-redutor necessário seria um MOVIMOT que é a solução desta empresa para a necessidade de ter o *drive* acoplado ao motor. A Figura 13 representa o esquema de ligação a utilizar para que seja possível o controlo individual dos motores.

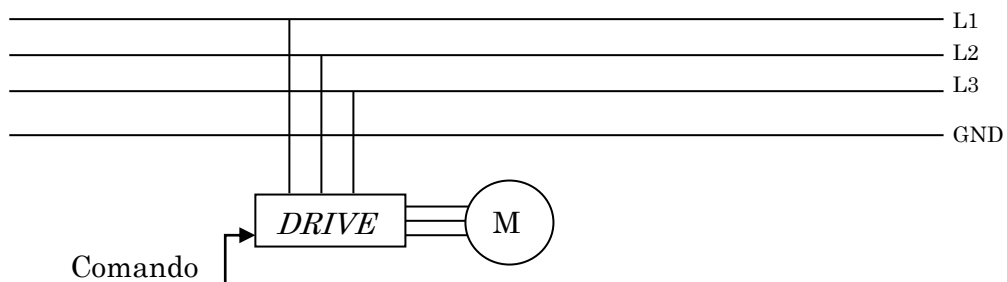


Figura 13 - Esquema de ligação de cada motor e drive

Conforme se pode verificar na Figura 13, cada *drive* teria de ser comandado em separado, o que, pelas mesmas razões que os motores, não poderia ser efetuado por cabos. A possibilidade de efetuar o controlo do *drive* via *wireless* permitiria a implementação deste sistema de transporte. No entanto, há diversos problemas associados a este tipo de comunicação, principalmente no interior de uma área fabril onde é inevitável a existência de ruído, devido às interferências eletromagnéticas relacionadas com a quantidade e diversidade de máquinas em funcionamento. O custo e o tempo de latência da comunicação via *wireless* seriam, também, entraves à implementação desta solução.

A Tabela 16 apresenta o custo de alguns dos componentes necessários para a realização desta solução de transporte.

Tabela 16 - Custo de alguns componentes da solução de transporte 1

<i>Peça</i>	<i>Preço [€]</i>	<i>Quantidade</i>	<i>Preço total [€]</i>
<i>Guias - Rollon</i>	1745	1	1745
<i>Patins - Rollon</i>	130	8	1040
<i>Calha eletrificada - Vahle</i>	3097	1	3097
<i>Motor MOVIMOT - SEW</i>	983,56	8	7868,48
<i>Pneumática - Festo</i>	282,72	1	282,72
<i>Cremalheira - moldamirco</i>	-	1	0
<i>Pinhão - moldamirco</i>	-	8	0
<i>Suporte de carcaças</i>	370,14	8	2961,12
Total			16994,32

Analisando a Tabela 16 verifica-se que grande parte do custo total apresentado é referente à calha eletrificada e aos motores devido à elevada quantidade necessária. Importa referir que, apesar de não haver orçamento para a realização da cremalheira curva e dos 8 pinhões se prevê um custo muito elevado para o fornecimento destes componentes. Posto isto, seria importante estudar a possibilidade de eliminar a utilização da calha eletrificada e a redução do número de motores necessários.

4.2.2 Solução de transporte 2

A solução de transporte 2 consiste num transportador semelhante ao da solução anterior mas utilizando apenas 3 motores para realizar o transporte do conjunto de suporte de carcaças. Para tal, seriam utilizadas, como mostra a Figura 14, duas guias e uma cremalheira curvas. Numa das guias iriam estar apoiados os motores e na restante andariam os conjuntos de armazenamento de carcaças. À semelhança da solução anterior, para este transportador seria necessária uma redução do *buffer* para 8 unidades.



Figura 14 - Solução de transporte 2

O desenvolvimento desta solução surgiu da necessidade de reduzir o custo estimado da anterior e a complexidade da alimentação e controlo dos motores. O transporte realizado por 3 motores representa algumas simplificações face à solução de transporte 1, no entanto o facto de não existir um motor por conjunto de suporte implica a necessidade de haver um sistema de acoplamento e desacoplamento do conjunto de suporte ao motor. Este sistema encontra-se na Figura 15.

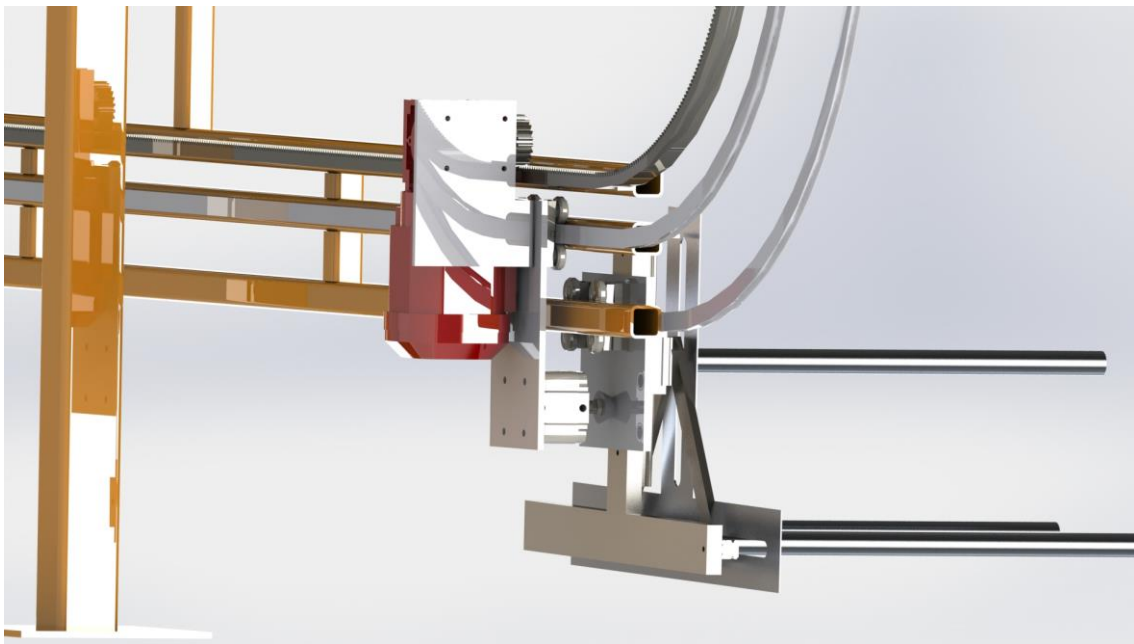


Figura 15 - Sistema de acoplamento e desacoplamento do suporte de carcaças ao motor para a solução de transporte 2

Analisando a Figura 15 é possível verificar que o sistema de acoplamento e desacoplamento seria realizado por um cilindro pneumático (ADVU 63 20 APA – Festo). Este iria avançar no momento em que fosse detetado o suporte de carcaças através da utilização de dois sensores indutivos, um no início do suporte do motor e outro no fim, conectando os dois suportes para que ficassem solidários. Após esta operação o transporte seria realizado até ser atingido um sensor que iria ordenar a paragem do motor. Nesse momento o cilindro iria recuar por forma a separar o

suporte do motor do conjunto de suporte de carcaças, ficando assim disponível para realizar o transporte de outro suporte de carcaças, assim que fosse necessário.

A existência deste sistema de conexão permitiria que o transporte dos 8 conjuntos de suporte fosse realizado por apenas 3 motores, fazendo com que estes não se movimentassem sempre no mesmo sentido e não fizessem rotações de 360°. Estes fatores permitiriam a utilização de cablagens para a alimentação e controlo dos motores. A possibilidade de realizar a comunicação de controlo e a alimentação por cabo eliminaria a necessidade de ter o *drive* junto do motor e de utilizar uma calha eletrificada, respetivamente. A conjugação destes factos resultaria na redução do custo de aquisição dos componentes necessários.

Dada a semelhança existente entre a solução de transporte 2 e 1, as características dos motores necessárias para a movimentação dos suportes de carcaça são as mesmas, a menos da necessidade de ter o *drive* integrado.

A Tabela 17 apresenta o custo de alguns dos componentes necessários para a implementação desta solução.

Tabela 17 - Custo de alguns componentes da solução de transporte 2

<i>Peça</i>	<i>Preço [€]</i>	<i>Quantidade</i>	<i>Preço total [€]</i>
<i>Guias - Rollon</i>	3402,75	1	3402,75
<i>Patins - Rollon</i>	130	11	1430
<i>Motor SPIROPLAN- SEW</i>	479,62	3	1438,86
<i>Conversor/Acessórios Motor - SEW</i>	305,03	3	915,09
<i>Pneumática - Festo</i>	1504,83	1	1504,83
<i>Cremalheira - moldamirco</i>	-	1	0
<i>Pinhões - moldamirco</i>	-	3	0
<i>Suporte de carcaças</i>	370,14	8	2961,12
Total			11652,65

Verifica-se, pela análise da Tabela 17, que os componentes com maior custo para a solução de transporte 2 são as guias curvas, os motores e os componentes pneumáticos, cilindros, válvulas, bobinas, sensores e os respetivos cabos. Os suportes de carcaças representam uma parte significativa do custo desta solução de transporte devido à quantidade necessária. À semelhança da solução anterior prevê-se um custo muito elevado para a realização da cremalheira curva e dos pinhões.

4.2.3 Solução de transporte 3

A solução de transporte 3 consiste numa versão simplificada do que seriam as soluções anteriores. A terceira ideia de transporte eliminaria a necessidade de utilização de motores e consequentemente da cremalheira e pinhões, passando a movimentação dos suportes de carcaça a ser realizada por efeito da gravidade com auxílio de cilindros pneumáticos. A não utilização destes componentes implicaria

uma redução significativa no custo de aquisição do material necessário para a implementação desta solução.

A implementação desta solução implicaria uma redução do *buffer* para oito carcaças pelas mesmas razões que as soluções de transporte anteriores.

Como se pode verificar na Figura 16, o transporte dos suportes iria ser realizado através de duas guias lineares com inclinação de 3°. A passagem da guia superior para a inferior e vice-versa iria ser realizada, em ambos os lados, por um elevador.

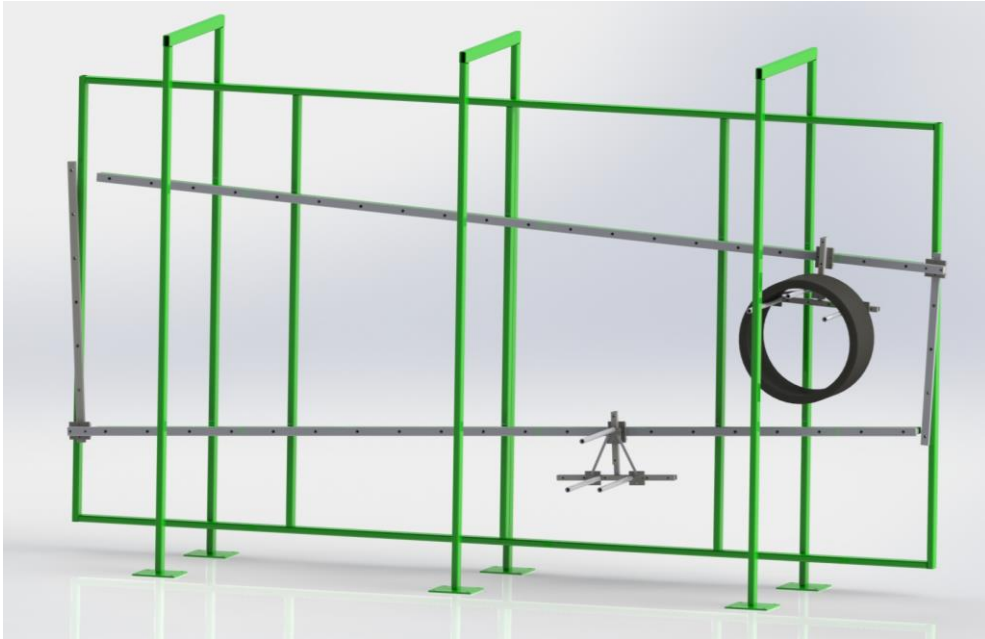


Figura 16 - Solução de transporte 3

Esse elevador iria, para além da deslocação vertical, efetuar um movimento de rotação por forma a que o segmento de guia em movimento conseguisse ter o ângulo da guia superior e da inferior, nas respetivas posições do elevador. O movimento de rotação necessário seria garantido por um cilindro pneumático que iria realizar o alinhamento da guia do elevador.

O posicionamento das guias inclinadas seria realizado de maneira a que no lado da PU, a altura mínima do elevador garantisse a altura ergonómica para que o operador pudesse tirar a carcaça do suporte. As restantes posições seriam obtidas através do ângulo de inclinação das guias e do espaçamento mínimo entre elas para que o suporte com carcaça, na guia superior, não colidisse com o suporte vazio, na guia inferior. A Figura 17 mostra as posições ergonómicas garantidas por esta solução.

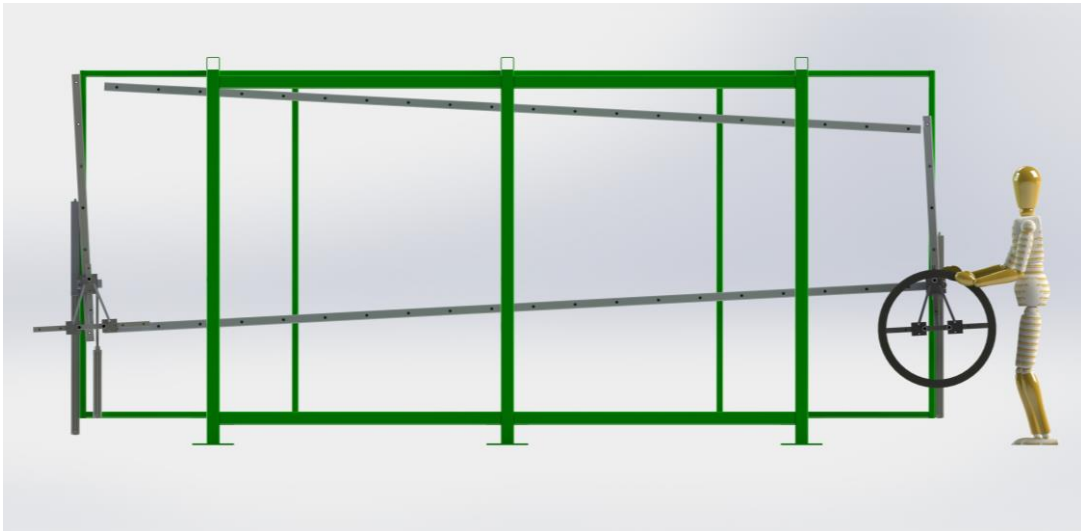


Figura 17 - Posição ergonómica da solução de transporte 3

Conforme se pode verificar na Figura 17 a altura a que os operadores colocam e removem a carcaça do suporte é a mesma para ambos, o da KM e o da PU. Esta altura tem o valor de 1000 mm. Para que este mecanismo pudesse manter as posições ergonómicas para ambos os operadores seria necessário criar um piso intermédio no lado da KM. A elevação do segmento de guia do elevador seria garantida através da utilização de dois cilindros pneumáticos, um que levaria o suporte de carcaças até à altura ergonómica e outro que faria o restante percurso.

No elevador, os suportes de carcaças estariam seguros por um íman permanente, uma vez que no momento em que fosse efetuada a rotação das guias verticais o suporte não poderia sair do segmento de guia. Quando o operador realizasse a operação de colocar ou remover a carcaça no lado da KM ou da PU, respetivamente, um cilindro pneumático iria exercer uma força sobre o suporte, de modo a vencer a força do íman para que este pudesse descer por gravidade na guia inclinada.

Para a implementação desta solução, os suportes de carcaças iriam ter batentes de borracha nas extremidades, por forma a suavizar o embate entre os suportes no momento em que estão a descer por ação da força gravítica.

A Figura 18 permite visualizar como ficaria a solução de transporte 3 com um *buffer* de oito carcaças.

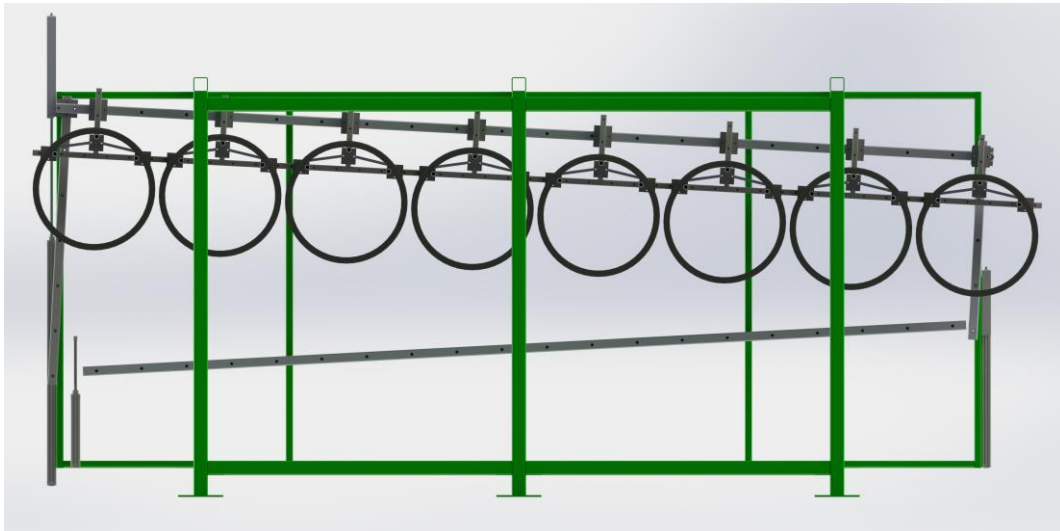


Figura 18 - Solução de transporte 3 com um buffer de 8 carcaças

Analisando a Figura 18 consegue verificar-se que a implementação desta solução de transporte em conjunto com a solução de armazenamento 4 traria melhorias significativas no que diz respeito à qualidade e à ergonomia, uma vez que as carcaças não iriam colar umas às outras garantindo assim, que o operador não teria de efetuar movimentos bruscos para tirar a carcaça do transportador.

A Figura 18 permite visualizar que quando existisse um suporte no elevador em movimento, os restantes iriam descer por gravidade, o que faria com que caíssem descontroladamente. Para que tal fosse controlado existiria um sistema de travão, que consiste num cilindro pneumático que seguraria os suportes na guia inclinada, não permitindo que estes avançassem mais do que um certo ponto. A Figura 19 permite perceber esta configuração.

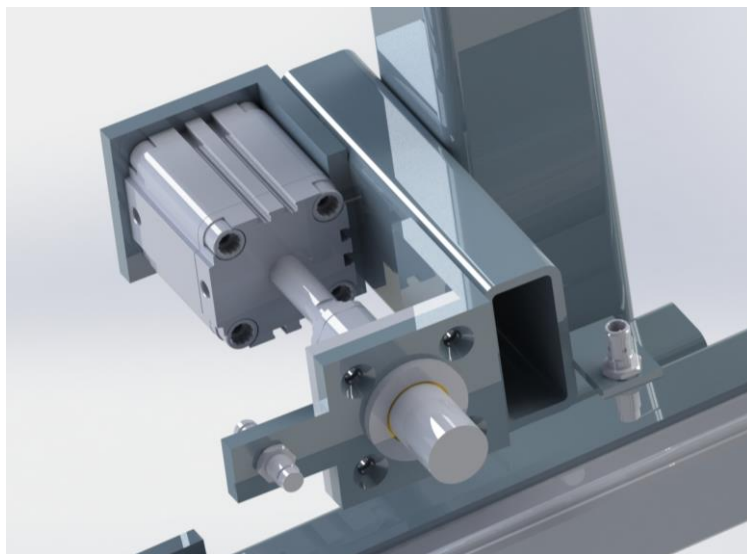


Figura 19 - Desenho tridimensional do sistema de travão da solução de transporte 3

A solução de transporte 3 apresenta, também, como vantagem, a possibilidade de retirar conjuntos de armazenamento em caso de avaria, ou mesmo no caso de não

ser necessário um *buffer* de 8 carcaças, sem que essa ação prejudique o seu funcionamento.

A Tabela 18 apresenta o custo necessário para a implementação desta solução de transporte.

Tabela 18 - Custo da solução de transporte 3

<i>Peça</i>	<i>Preço [€]</i>	<i>Quantidade</i>	<i>Preço total [€]</i>
<i>Estrutura</i>	318,48	1	318,48
<i>Guias - INA</i>	2485,04	1	2485,04
<i>Pneumática - Festo</i>	1473,28	1	1473,28
<i>Sensores - Sick</i>	20,00	2	40,00
<i>Sensores - IFM Eletronic</i>	10,00	10	100,00
<i>Suporte de carcaças</i>	370,14	8	2961,12
Total			7377,92

Pela análise da Tabela 18, verifica-se que os componentes com maior custo para a solução de transporte 3 são as guias lineares INA e os componentes pneumáticos, cilindros, válvulas, bobinas, sensores e os respectivos cabos. Os suportes de carcaças representam uma parte significativa do custo desta solução de transporte devido à quantidade necessária.

5 COMPARAÇÃO DAS SOLUÇÕES APRESENTADAS

No presente capítulo serão comparadas as soluções apresentadas no capítulo anterior por forma a permitir encontrar a que melhor cumpra os requisitos tendo, também, em conta a viabilidade económica da sua implementação. A comparação das soluções será dividida, à semelhança do capítulo anterior, entre as de armazenamento e as de transporte.

5.1 Comparação das soluções de armazenamento

A solução de armazenamento tem um grande impacto no custo da solução final, uma vez que são necessários tantos conjuntos quantas carcaças a armazenar. A Tabela 19 representa uma comparação qualitativa entre as novas soluções de armazenamento apresentadas e a solução atual, por forma a possibilitar a seleção do suporte de carcaças que melhor satisfaça os requisitos impostos.

Tabela 19 - Comparação qualitativa das soluções de armazenamento

<i>Crítica</i>	<i>Soluções de armazenamento</i>				
	Atual	1	2	3	4
<i>Apoio da carcaça</i>	Mau	Bom	Muito bom	Bom	Bom
<i>Diferentes medidas</i>	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom
<i>Ajuste</i>	Não	Sim	Não	Sim	Sim
<i>Mecanismo de ajuste</i>	-	Motorizado	-	Motorizado	Peso da carcaça
<i>Colocação e remoção da carcaça</i>	Simples	Simples	Muito difícil	Difícil	Simples
<i>Facilidade de transporte</i>	-	Difícil	Fácil	Difícil	Fácil
<i>Facilidade/Custo de Manutenção</i>	Simples/Baixo	Médio/Elevado	Simples/Baixo	Difícil/Muito elevado	Simples/Baixo
<i>Custo</i>	-	Muito elevado	Baixo	Muito elevado	Médio

De acordo com a Tabela 19 é possível verificar que todas as soluções de armazenamento apresentadas garantem um bom apoio da carcaça e ambas funcionam para as diversas medidas, embora na solução 2 as carcaças tivessem de se adaptar a um suporte de diâmetro inferior. A capacidade de garantir o apoio de diversas medidas de carcaça está diretamente relacionada com o facto de a solução ter a possibilidade de ajuste, uma vez que, devido à elevada diferença de tamanho existente entre as carcaças a armazenar seria necessária esta possibilidade. Para a realização do ajuste existente nas soluções de armazenamento 1, 3 e 4 seria necessária a intervenção de uma força externa, que nas soluções 1 e 3 seria realizada por um motor e na 4 pelo peso da carcaça a suportar, conforme se pode verificar no item 4.1. A colocação e remoção da carcaça nos suportes 1, 2 e 3 é de dificuldade acrescida relativamente à solução atual, o que poderia resultar em *scrap* devido à má colocação ou implicaria que fosse despendido um maior tempo nesta tarefa. A solução de armazenamento 4 garante uma fácil colocação e remoção da carcaça. A qualificação da facilidade e dos custos de manutenção das soluções refere-se, também, à necessidade de realizar *stock* de peças para uma substituição rápida em caso de avaria. Por este facto os custos de manutenção mais elevados correspondem às soluções de maior complexidade e/ou desgaste ou às que impliquem a existência de motores e consequentemente embraiagens eletromagnéticas. As soluções que apresentam manutenção mais simples e de menor custo são a atual, a 2 e a 4, sendo que a 1 e a 3, pelas razões já referidas, apresentam uma maior dificuldade e um custo mais elevado. No que diz respeito ao custo de implementação das soluções de armazenamento os suportes 1 e 3 têm um custo superior devido à utilização de motores para realizar o ajuste. A solução 2 teria um custo reduzido devido à sua simplicidade e ao facto de não necessitar de peças móveis. A solução de armazenamento 4 por ser constituída por peças móveis implica a utilização de guias lineares, aumentando o seu custo, no entanto, uma vez que o movimento é garantido pelo peso da carcaça não é necessária a utilização de um motor, o que significa que o seu custo seria inferior ao das soluções 1 e 3.

A Tabela 20 apresenta a comparação entre o custo de fabrico de um suporte da solução de armazenamento 3 e 4.

Tabela 20 – Comparação do custo de fabrico da solução de armazenamento 3 e 4

<i>Solução</i>	<i>Total [€]</i>
<i>Solução de armazenamento 3</i>	2266
<i>Solução de armazenamento 4</i>	370,14

Analisando a Tabela 20 verifica-se que o custo da solução de armazenamento 4 é muito inferior ao da 3, o que associado aos factos de este suporte garantir um bom apoio da carcaça, permitir acomodar carcaças com diferentes tamanhos, de se ajustar mecanicamente à carcaça apenas por ação do seu peso, permitir colocar e retirar a carcaça com facilidade e ser de fácil transporte faz com que esta solução seja a mais viável para a implementação. A escolha desta solução deve-se, também, ao facto de ter manutenção simples e de baixo custo.

5.2 Comparação das soluções de transporte

A comparação das soluções de transporte apresentadas visa a verificação do cumprimento de todos os requisitos impostos por forma a permitir avaliar e confrontar os vários conceitos. Esta avaliação permitirá realizar uma escolha fundamentada pela solução de transporte que melhor satisfaça as necessidades existentes tendo em consideração a viabilidade económica da sua implementação. Da mesma forma que no capítulo anterior, as soluções de transporte serão comparadas tendo em conta a utilização da solução de armazenamento 4.

A Tabela 21 representa a comparação entre as soluções de transporte apresentadas e o transportador atual.

Tabela 21 - Comparação das soluções de transporte

<i>Crítica</i>	<i>Soluções de transporte</i>			
	Atual	1	2	3
<i>Qualidade</i>	Deforma as carcaças		Forma original da carcaça	
<i>Ergonomia</i>	Alturas de trabalho diferentes Movimentos bruscos		Altura ergonómica Redução do número de movimentos	
<i>Produção (buffer)</i>	Varia com o diâmetro das carcaças		8	
<i>Segurança</i>	Não há riscos associados		Necessidade de gradeamento	
<i>Princípio de funcionamento</i>	Gravidade	Motorizado	Motorizado	Gravidade e pneumática
<i>Tempo de transporte</i>	Não afeta o tempo de ciclo		Não afeta o tempo de ciclo	
<i>Facilidade/Custo de manutenção</i>	Simples/Baixo	Médio/Elevado	Médio/Elevado	Simples/Baixo
<i>Custo</i>	Baixo	Muito Elevado	Elevado	Médio

Analisando a Tabela 21 verifica-se que as novas soluções de transporte apresentam melhorias face ao transportador atual. As melhorias estão relacionadas com a qualidade das carcaças e a ergonomia das novas soluções. Em todas as soluções de transporte apresentadas, ao contrário da solução atual, é mantida a forma original das carcaças, o que provém da utilização da solução de armazenamento 4. A altura a que são colocadas e retiradas as carcaças nas várias soluções é a altura ergonomicamente ideal para a tarefa. Com a implementação de uma destas soluções de transporte seriam reduzidos os movimentos de colocar e retirar a carcaça no transportador, uma vez que não seria necessário o operador dar um impulso inicial, nem puxar a carcaça para a descolar da seguinte. Relativamente à segurança, a solução atual não apresenta riscos associados ao seu funcionamento, no entanto, devido ao facto das soluções apresentadas utilizarem motores ou pneumática é necessário vedar a zona com gradeamento. O tempo de ciclo, à semelhança do que se verifica na solução atual, não seria afetado pelo tempo de transporte das soluções apresentadas. No que diz respeito à manutenção do transportador, a solução atual é de manutenção simples e de baixo custo, as

soluções 1 e 2 implicam um custo de manutenção mais elevado devido à necessidade de ter, no mínimo, um motor como peça de reposição, bem como outros componentes que apresentem um prazo de entrega superior ao tempo que o transportador poderá, eventualmente, ficar parado. A solução de transporte 3 apresenta uma manutenção simples e de baixo custo, uma vez que não necessita de peças de elevado custo como peça de reposição. As novas soluções de transporte apresentam um custo de fabrico mais elevado do que a solução atual devido à necessidade de cumprir os requisitos impostos pelos diversos departamentos envolvidos.

A Tabela 22 permite visualizar o custo de realização de um transportador para cada uma das soluções de transporte, tendo em conta a utilização da solução de armazenamento 4 e a possibilidade de realizar um *buffer* de 8 carcaças.

Tabela 22 - Comparação do custo de fabrico de um transportador para cada solução de transporte

<i>Solução</i>	<i>Total [€]</i>
<i>Solução atual</i>	1274
<i>Solução de transporte 1</i>	16994,32
<i>Solução de transporte 2</i>	11652,65
<i>Solução de transporte 3</i>	7377,92

Analisando a Tabela 22 é possível comparar o custo das novas soluções de transporte com o da solução atual, verificando-se assim que, entre as novas soluções de transporte, a 3 é a que apresenta o menor custo devido ao facto de esta ser uma melhoria das anteriores. A utilização de motores e a consequente necessidade de uma cremalheira nas soluções 1 e 2 é a principal causa para o seu elevado custo face à solução 3. Esta apresenta também, face às soluções 1 e 2, manutenção simples e de baixo custo. A conjugação de todos estes fatores faz com que a solução de transporte 3 seja a mais viável e mais simples de implementar.

6 ANÁLISE DA SOLUÇÃO IMPLEMENTADA

No presente capítulo será realizada uma análise da solução implementada, desde o dimensionamento à realização do protótipo. Da mesma forma que nos capítulos anteriores, será inicialmente apresentada a análise da solução de armazenamento e posteriormente será apresentado todo o transportador.

De acordo com o que se verificou no capítulo anterior a solução mais vantajosa para o novo conceito de transportador de carcaças foi a de armazenamento 4 em conjunto com a de transporte 3.

6.1 Solução de armazenamento

A solução de armazenamento 4 por apresentar mais-valias face à solução atual e a todas as outras soluções apresentadas em termos de qualidade e por, em conjunto com a solução de transporte 3, resolver os problemas ergonómicos potenciou a sua implementação. Por este facto, dimensionou-se esta solução de armazenamento por forma a ter conhecimento de como varia o apoio da carcaça com o seu tamanho. A Figura 20 mostra a configuração do sistema.

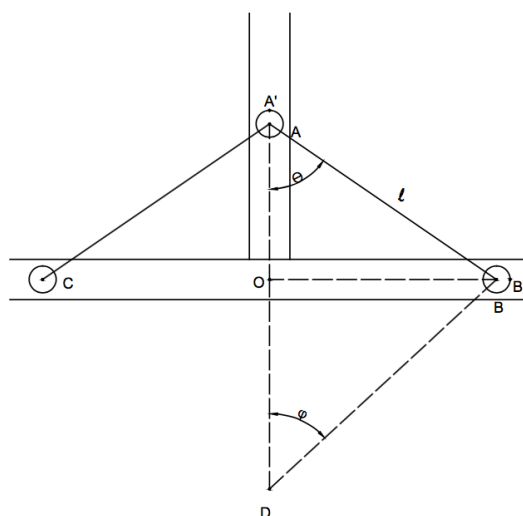


Figura 20 – Esquema do mecanismo da solução de armazenamento implementada, 1ª versão

A demonstração da obtenção das equações que definem a posição dos rolos do suporte conforme o diâmetro da carcaça é apresentada pelas equações seguintes.

$$AA' = BB' = r_r \quad (1)$$

$$OA = l \cos \theta \quad (2)$$

$$OA' = OA + AA' = l \cos \theta + r_r \quad (3)$$

$$OB = l \sin \theta \quad (4)$$

$$OB' = OB + BB' = l \sin \theta + r_r \quad (5)$$

$$DA = DB = r_c \quad (6)$$

$$DO = r_c \cos \varphi \quad (7)$$

$$OB = r_c \sin \varphi \quad (8)$$

$$OB' = OB + BB' = r_c \sin \varphi + r_r \quad (9)$$

$$DA' = DA + AA' = r_c + r_r \quad (10)$$

$$DA' = DO + OA' = r_c \cos \varphi + l \cos \theta + r_r \quad (11)$$

Onde:

r_c = raio da carcaça [mm]

r_r = raio dos rolos [mm]

l = comprimento dos tirantes [mm]

$\theta = \widehat{OAB}$ [°]

$\varphi = \widehat{ODB}$ [°]

Igualando as equações (5) e (9) e as (10) e (11) obtêm-se as equações (12) e (13), respetivamente.

$$OB' = OB' \Leftrightarrow l \sin \theta + r_r = r_c \sin \varphi + r_r \Leftrightarrow \frac{\sin \theta}{\sin \varphi} = \frac{r_c}{l} \quad (12)$$

$$DA' = DA' \Leftrightarrow r_c + r_r = r_c \cos \varphi + l \cos \theta + r_r \Leftrightarrow r_c(1 - \cos \varphi) = l \cos \theta \quad (13)$$

Com as equações (12) e (13) o mecanismo encontra-se definido, sendo apenas necessária a introdução do raio da carcaça e do comprimento dos tirantes para a obtenção dos ângulos θ e φ .

Após a obtenção desta relação, que define a posição do suporte conforme o diâmetro da carcaça, realizou-se um primeiro protótipo por forma a comprovar as mais-valias apontadas a esta solução e a verificar possíveis melhorias. Para tal, utilizaram-se,

para garantir a movimentação dos cilindros, guias perfiladas em alumínio anodizado e patins com casquilhos poliméricos. As guias utilizadas foram guias duplas *DryLin*® W-16-60 e os patins foram WJ200UM-01-16 do fabricante Igus® [2].

Para a realização deste protótipo considerou-se a altura ergonômica exigida pela DSIA para que fosse possível avaliar a ergonomia desta solução.

A Figura 21 representa um desenho tridimensional do primeiro protótipo realizado.

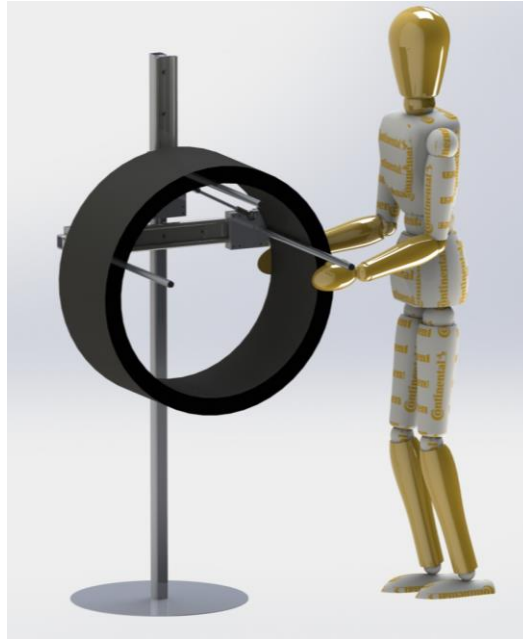


Figura 21 – Desenho tridimensional do protótipo da solução de armazenamento implementada, 1ª versão

A implementação desta solução recorrendo a este tipo de guias implica que sejam utilizados conjuntos de deslizamento com 4 patins e uma chapa, por forma a garantir que o mecanismo não encrave devido à existência de um momento fletor, proveniente do peso da carcaça e do próprio cilindro de suporte. A especificação do fabricante para as guias utilizadas implica que a distância entre os patins inferiores e superiores seja, pelo menos, metade da distância a que for aplicada a carga total. Sabendo que o peso da carcaça seria suportado essencialmente pelo cilindro com movimento vertical, considerou-se uma carga concentrada equivalente à carga distribuída realizada pelo peso da carcaça e do cilindro. Posto isto, verificou-se que a distância a que a carga equivalente estaria aplicada seria metade do comprimento dos cilindros, o que significa que a chapa teria de impor uma distância entre os patins de $1/4$ desse comprimento [3].

Sabendo que a largura máxima das carcaças em produção é de aproximadamente 550 mm, considerou-se a utilização de rolos com 580 mm de modo a facilitar a colocação das maiores carcaças no suporte.

No momento em que se procedeu à montagem dos componentes verificou-se que o mecanismo encravava devido ao momento fletor proveniente do peso e do comprimento dos cilindros com movimento horizontal.

A Figura 22 mostra a primeira versão do protótipo da solução de armazenamento implementada.



Figura 22 - Protótipo da solução de armazenamento implementada, 1ª versão

Após a obtenção destes resultados, por forma a conseguir testar-se a solução de armazenamento, partiu-se para a realização de um segundo protótipo utilizando outro tipo de guias lineares. Para esta segunda versão, utilizaram-se guias lineares retiradas de um módulo de construção em fim de vida. As guias utilizadas foram as guias lineares LFS32 com patins LFL32-SF, do fabricante INA. Estes patins são constituídos por 4 rolamentos cada que permitem o seu deslocamento ao longo da guia. As especificações destes produtos encontram-se nos Anexos D e E, respetivamente.

A Figura 23 permite visualizar a segunda versão do protótipo da solução de armazenamento implementada.



Figura 23 - Protótipo da solução de armazenamento implementada, 2ª versão

O resultado positivo desta segunda versão do protótipo permitiu a decisão pela utilização destes produtos. Durante a realização de testes verificou-se a necessidade de os cilindros que garantem o apoio da carcaça permitirem rotação. A introdução desta característica efetuou-se tendo em vista um melhor acondicionamento da carcaça. Inicialmente, ao colocá-la no suporte havia a possibilidade de esta ficar torcida, devido à grande adesividade da borracha fazer com que a carcaça ficasse agarrada aos cilindros. A rotação resolveu esta questão permitindo que a carcaça faça um auto ajuste no momento da sua colocação no suporte. Para permitir esta funcionalidade utilizaram-se um veio e um tubo e, para fazer a ligação dos dois componentes, utilizaram-se dois rolamentos. Este tubo tem a função de permitir que os rolamentos sejam apertados um contra o outro sem que sejam danificados, uma vez que este tem o diâmetro externo inferior ao diâmetro máximo da pista interna dos rolamentos. A Figura 24 permite visualizar a montagem dos rolos do suporte de carcaças.



Figura 24 - Montagem dos rolos do suporte de carcaças

Analisando a Figura 25 consegue comprovar-se a folga existente na montagem dos rolamentos, conforme referido anteriormente.

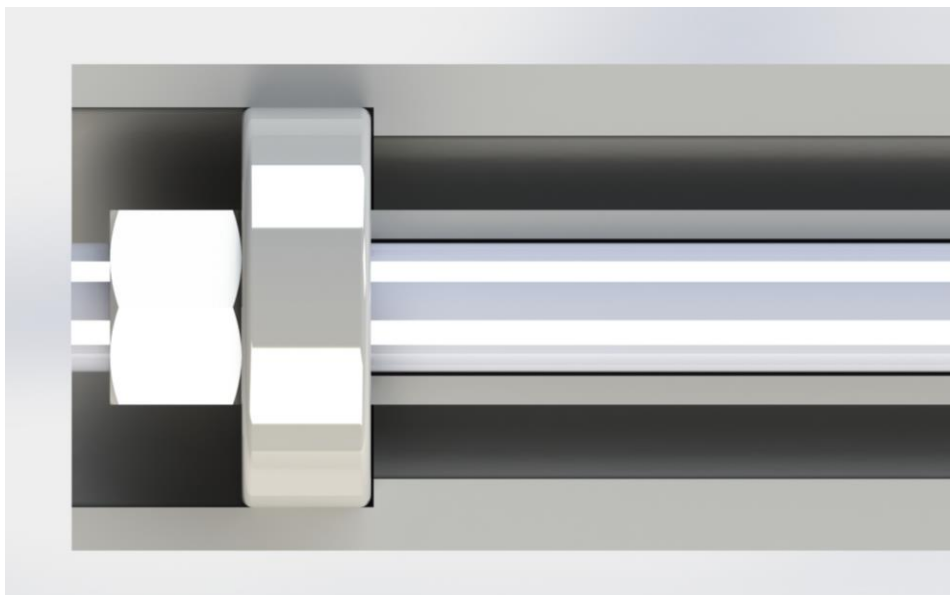


Figura 25 - Pormenor da montagem dos rolos do suporte de carcaças

Inicialmente estes rolos foram realizados com tubo de diâmetro de 1", no entanto por forma a não marcar os talões da carcaça durante o tempo de espera considerou-se o aumento do diâmetro do tubo exterior para 1" $\frac{1}{4}$.

A afinação de todos os parâmetros relativos ao suporte de carcaças possibilitou a realização do ajuste da equação que permite conhecer a posição do mecanismo para os diferentes diâmetros das carcaças a armazenar. Tendo em conta a configuração

final, representada na Figura 26, apresentam-se as alterações existentes nas equações (2) e (4), originando as equações (14) e (15), respetivamente.

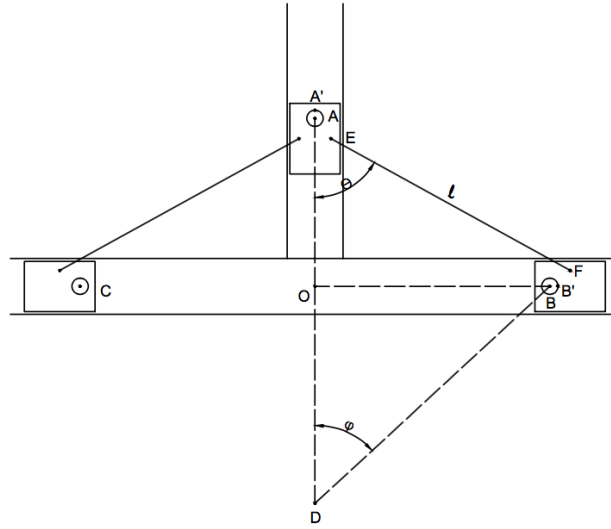


Figura 26 - Esquema do mecanismo da solução de armazenamento implementada, 2ª versão

$$OA = l \cos \theta + y_1 + y_2 \quad (14)$$

$$OB = l \sin \theta + x_1 - x_2 \quad (15)$$

Consequentemente as equações 3, 5 e 11 dão origem às equações 16, 17 e 18, respetivamente.

$$OA' = OA + AA' = l \cos \theta + y_1 + y_2 + r_r \quad (16)$$

$$OB' = OB + BB' = l \sin \theta + x_1 - x_2 + r_r \quad (17)$$

$$DA' = DO + OA' = r_c \cos \varphi + l \cos \theta + y_1 + y_2 + r_r \quad (18)$$

Igualando as equações (9) e (17) e as (10) e (18) obtêm-se as equações (19) e (20) que definem a configuração representada na Figura 26.

$$OB' = OB' \Leftrightarrow r_c \sin \varphi + r_r = l \sin \theta + x_1 - x_2 + r_r \Leftrightarrow r_c \sin \varphi + x_2 = l \sin \theta + x_1 \quad (19)$$

$$\begin{aligned} DA' = DA' &\Leftrightarrow r_c + r_r = r_c \cos \varphi + l \cos \theta + y_1 + y_2 + r_r \Leftrightarrow r_c(1 - \cos \varphi) \\ &= l \cos \theta + y_1 + y_2 \end{aligned} \quad (20)$$

Onde:

y_1 = Distância vertical do ponto A ao ponto E [mm]

y_2 = Distância vertical do ponto B ao ponto F [mm]

x_1 = Distância horizontal do ponto A ao ponto E [mm]

x_2 = Distância horizontal do ponto B ao ponto F [mm]

Sabendo que $r_r = 15,88 \text{ mm}$ e $l = 235 \text{ mm}$, fazendo variar r_c obtêm-se as posições do mecanismo para os vários diâmetros de carcaça. Esta variação encontra-se representada na Tabela 23.

Tabela 23 – Variação das posições do mecanismo de suporte com o diâmetro da carcaça

<i>Diâmetro da carcaça a armazenar [polegadas]</i>	<i>Distância entre rolos horizontais [mm]</i>	<i>Altura rolo vertical [mm]</i>	$\theta [^\circ]$	$\Phi [^\circ]$
14	378,7	232,7	49,6	102,7
15	412,7	210,1	56,5	91,1
16	434,5	191,9	61,7	82,3
17	449,3	176,8	65,8	75,3
18	459,8	164,2	69,1	69,4
19	467,5	153,4	71,9	64,5
20	473,1	144,1	74,3	60,3
21	477,4	136,0	76,3	56,7
22	480,6	128,9	78,1	53,4
23	483,1	122,5	79,7	50,6
24	485,0	116,9	81,1	48,0

Analisando a Tabela 23 é possível verificar as várias posições dos rolos do suporte à medida que se altera o diâmetro da carcaça em produção. A obtenção destes dados permite antecipar o funcionamento e o atravancamento do mecanismo para possibilitar melhorias futuras, como por exemplo a realização de alterações na solução para que abranja carcaças com diâmetro superior.

A Figura 27 mostra a segunda versão do protótipo.



Figura 27 - Protótipo da solução de armazenamento implementada com o suporte aberto, 2ª versão

Analisando a Figura 27 consegue verificar-se que os tirantes do protótipo foram realizados com duas rótulas, uma com rosca esquerda e outra com rosca direita por forma a permitirem o ajuste do seu comprimento. Este ajuste permite avaliar visualmente e verificar qual o melhor comprimento para os tirantes, através da experimentação da colocação de carcaças com diferentes diâmetros. A estrutura do suporte foi realizada com tubo de inox 30x30x2 mm, no entanto as versões finais foram realizadas em tubo de aço 30x30x4 mm, por forma a aumentar o comprimento de rosca dos parafusos de fixação das guias lineares. É possível verificar que no tubo vertical da estrutura existe um íman, que é responsável por manter o suporte de carcaças na posição de fechado, conforme se pode verificar na Figura 28.



Figura 28 - Protótipo da solução de armazenamento implementada com o suporte fechado, 2ª versão

O protótipo apresentado na Figura 27 e na Figura 28 encontra-se com os rolos que permitem rotação, no entanto nesta versão estes tinham sido realizados, ainda, por tubo de 1”.

Uma vez definida a distância entre os furos dos tirantes, $l = 235$ mm, passou a utilizar-se uma barra de comprimento fixo, ao invés de tirantes reguláveis. Esta distância foi definida com base na observação do comportamento das carcaças ao variar-se o comprimento dos tirantes reguláveis, quando colocadas no suporte de armazenamento. Observando a Figura 29 consegue visualizar-se o desenho tridimensional da versão final do protótipo da solução de armazenamento implementada.

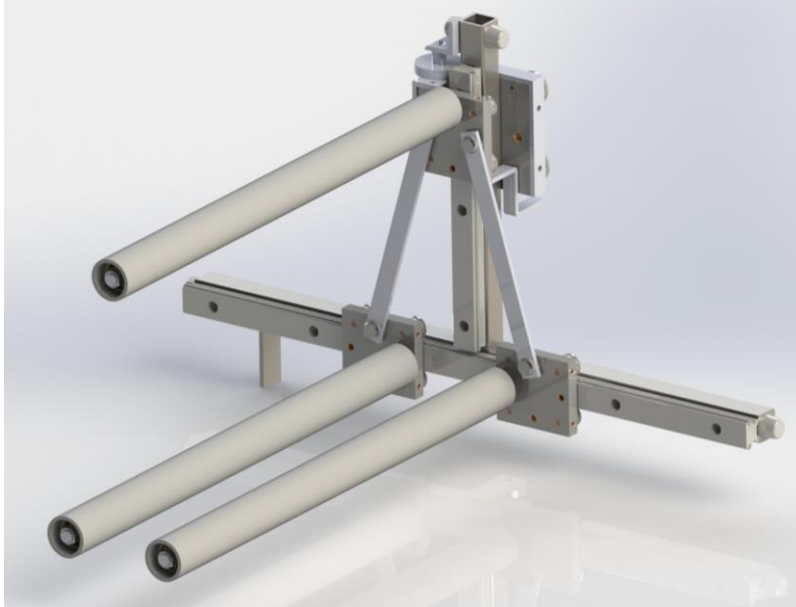


Figura 29 - Desenho tridimensional do protótipo da solução de armazenamento implementada, versão final

A Figura 30 permite visualizar a versão final do protótipo da solução de armazenamento implementada, onde são utilizados tirantes de comprimento fixo e tubos de apoio de 1" $\frac{1}{4}$.



Figura 30 - Protótipo da solução de armazenamento implementada, versão final

A massa aproximada do suporte carcaças é de 9,5 kg.

O Anexo J apresenta o desenho de conjunto do protótipo do suporte de carcaças.

6.2 Solução de transporte

A solução de transporte 3 por possuir um elevado potencial em conjunto com a solução de armazenamento 4 potenciou a realização de um protótipo, que, inicialmente, seria simplesmente para testar se os suportes de carcaças iriam descer apenas por ação da força gravítica. Após a finalização do protótipo do

suporte de carcaças iniciou-se a realização deste primeiro modelo da solução de transporte.

Para a realização do protótipo desta solução utilizaram-se guias lineares semelhantes às da solução de armazenamento mas com dimensão superior. As guias utilizadas foram retiradas de conjuntos em fim de vida provenientes de alterações que foram sendo realizadas em alguns módulos de construção. Pelo que, para a realização dos protótipos tanto da solução de armazenamento como da de transporte aproveitaram-se peças em fim de vida para o estudo e desenvolvimento de novas soluções. O fabricante destas guias é a empresa INA e as referências das guias e dos patins são LFS52 e LFL52-SF, respetivamente. A especificação das guias encontra-se no Anexo F e a dos patins no Anexo G.

A Figura 31 mostra a primeira versão do protótipo construída.



Figura 31 - Protótipo da solução de transporte implementada, 1ª versão

Analisando a Figura 31 é possível verificar a inclinação das guias responsáveis pelo transporte do suporte de carcaças. O valor da inclinação foi obtido experimentalmente, uma vez que as bases da estrutura onde as guias se encontram aparafusadas possui regulação. Para a obtenção do ângulo de inclinação foi inicialmente montada apenas a guia superior, tendo posteriormente sido regulada a altura das bases, até que o suporte de carcaças se deslocasse por ação da gravidade. No decorrer desta afinação foram encontrados obstáculos à movimentação do suporte de carcaças, uma vez que o patim utilizado bloqueava a descida devido ao momento fletor proveniente do peso do suporte de carcaças e da distância ao seu centro de massa. De modo a ultrapassar este obstáculo aplicou-se um rolamento no suporte de carcaças e um tubo no protótipo onde este iria rolar. A Figura 32 permite visualizar esta aplicação.

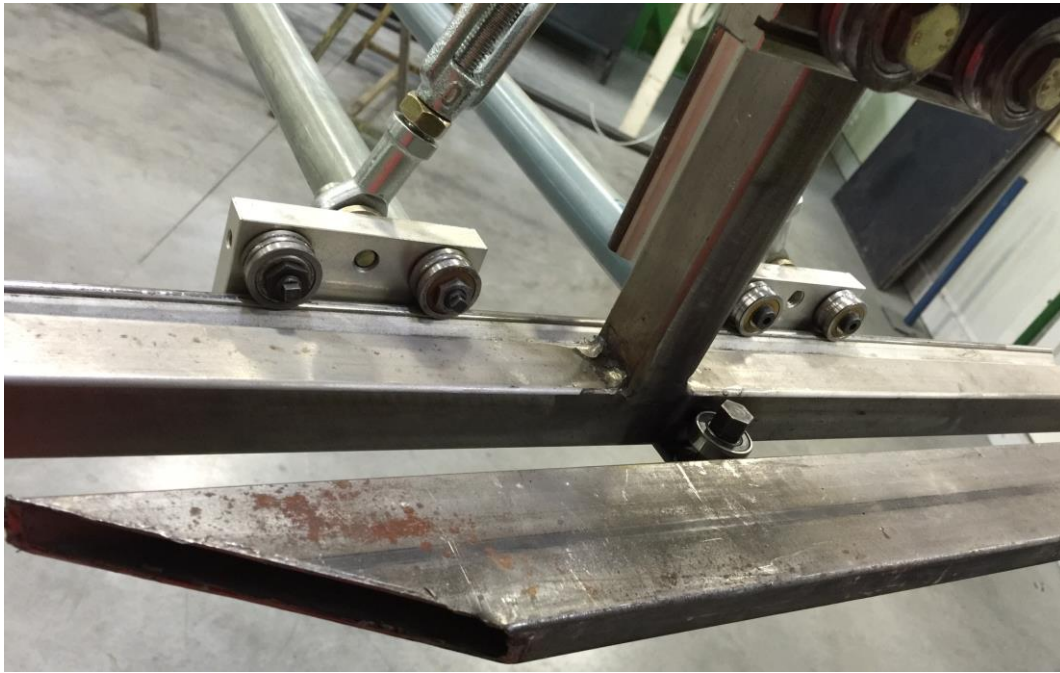


Figura 32 – Pormenor do rolamento no suporte de carcaças

A Figura 32 permite visualizar o pormenor do rolamento aplicado na parte traseira inferior do suporte de carcaças, assim como a funcionalidade do tubo existente no protótipo da solução de transporte. A aplicação destes componentes permitiu a eliminação do momento fletor existente no patim, uma vez que assim será o rolamento a suportá-lo. A utilização desta solução por forma a eliminar o momento fletor permite o deslocamento dos suportes apenas por ação da força gravítica.

Analisando a Figura 31, a guia que se encontra na vertical permitiu verificar o funcionamento do sistema de elevação e descida pretendido. Este sistema iria detetar quando um suporte estivesse na guia móvel do elevador através da utilização de um sensor indutivo. Quando se verificasse esta condição o elevador iria descer até à guia inferior através da utilização de um cilindro pneumático. Durante esta descida, a guia vertical do elevador teria de realizar o alinhamento da guia móvel com a inferior, uma vez que a inclinação da guia superior e inferior possuem ângulos contrários. O movimento de subida é semelhante ao de descida, sabendo que o alinhamento deverá ser sempre realizado durante a movimentação do elevador.

A obtenção de bons resultados durante os testes realizados na primeira versão do protótipo suscitou a realização de um protótipo funcional.

Após a concretização da afinação do primeiro protótipo foi medido o ângulo de inclinação das guias responsáveis pelo transporte da KM até à PU e vice-versa. Para esta medição foi utilizada uma suta e foram medidos aproximadamente 3° com a horizontal em ambas as guias, em sentidos opostos.

A realização de um protótipo funcional implicou o estudo de uma estrutura com vista a garantir o correto alinhamento das guias inclinadas com as guias móveis.

Conforme sugerido pela empresa a estrutura realizada teria três pilares em forma de U que iriam dar suporte a todo conjunto de transporte. A Figura 33 representa um desenho tridimensional da estrutura do novo conceito de transportador de carcaças.



Figura 33 - Desenho tridimensional da estrutura do novo conceito de transportador de carcaças

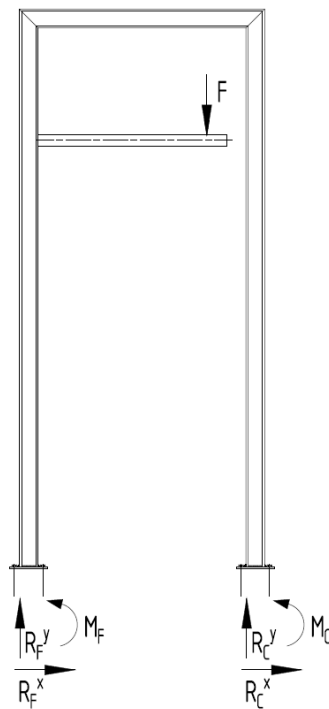


Figura 34 - Cálculo das reações da estrutura

Observando a Figura 34, é possível verificar uma carga F aplicada na estrutura. Esta carga é proveniente dos oito suportes com carcaça que podem estar em simultâneo na guia superior da estrutura. Uma vez que a estrutura é constituída

por 3 pilares, a carga total foi dividida, e foi analisado um sistema com apenas um pilar e 1/3 da carga máxima.

Para a realização dos cálculos da estrutura foi utilizado o *software Autodesk® ForceEffects™*, por forma a facilitar o estudo da estrutura, uma vez que esta é hiperestática, conforme se pode verificar na Figura 34.

A Figura 35 mostra o *software* utilizado para o cálculo das reações da estrutura, assumindo um peso próprio, obtido através do *software Solidworks®*, de 500 kg. À semelhança da carga total, o peso próprio da estrutura também foi dividido, por forma a considerar apenas um dos pilares da estrutura para análise.

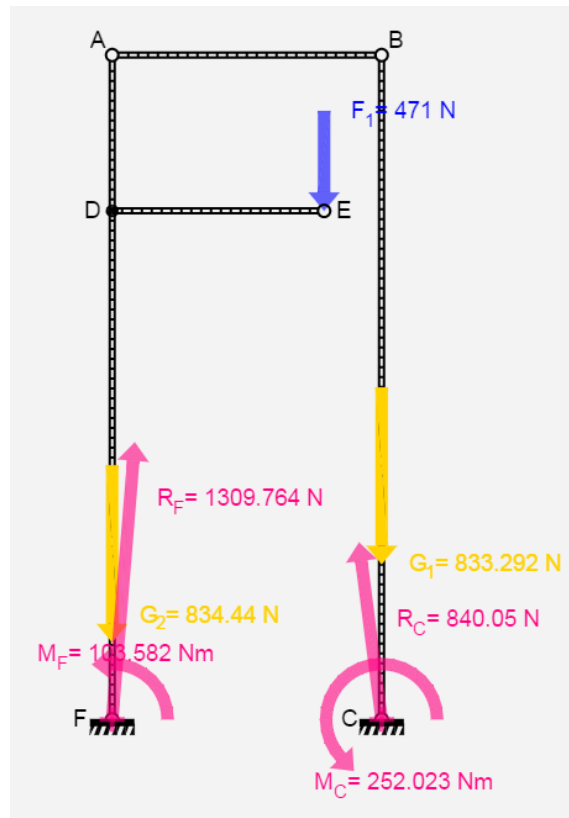


Figura 35 - Cálculo das reações da estrutura, Autodesk ForceEffects

A Tabela 24 apresenta as reações nos apoios F e C obtidas através do *software* acima mencionado.

Tabela 24 - Reações nos apoios

Reações nos apoios		
R_F^y	1305,4	N
R_F^x	106,3	N
M_F	103,6	Nm
R_C^y	833,3	N
R_C^x	-106,3	N
M_C	252,0	Nm

A Tabela 25 apresenta os cálculos realizados para as buchas de aperto da base C, onde foi obtido o maior momento conjugado com a menor reação em y.

Tabela 25 - Cálculo das buchas de apoio da base B

<i>Cálculo das buchas de apoio da base C</i>		
<i>Mc</i>	252,0	Nm
<i>Distância</i>	0,06	m
<i>Força equivalente</i>	4200,4	N
<i>R_{Cy}</i>	833,3	N
<i>Força necessária</i>	3367,1	N
<i>Número de buchas/apoio/lado</i>	2,0	
<i>Força necessária/bucha</i>	1683,5	N
<i>Carga suportada - Bucha M12</i>	5640,8	N
<i>Coefficiente de segurança</i>	3,35	

Analisando a Tabela 25, verifica-se que foi calculada uma força equivalente, proveniente do momento fletor e da distância das buchas de apoio ao centro do pilar C. Após esse cálculo foi subtraído o valor da reação em y do apoio C, uma vez que esta força se encontra aplicada na base contra o chão, ou seja, é uma mais valia no que concerne ao cálculo das buchas. De seguida, foi dividido o valor da força necessária pelo número de buchas que a iriam suportar. Tendo-se obtido o valor da força necessária, por bucha, para suportar a estrutura imóvel foi utilizado um catálogo da empresa Maxxfast, por forma a ter conhecimento da carga admissível por uma bucha M12x75. Posteriormente, foi calculado o coeficiente de segurança associado a este cálculo, por forma a prevenir que possíveis erros de cálculo impeçam o correto funcionamento do transportador.

Para os sistemas de elevação e descida dos suportes utilizaram-se cilindros pneumáticos, válvulas, sensores de posição dos cilindros, acessórios e tubo do fornecedor Festo. Os circuitos pneumáticos realizaram-se individualmente, uma vez que não existe qualquer ligação entre a KM e a PU a nível de *software* do novo conceito de transportador de carcaças. Para a realização do controlo do transportador utilizaram-se cartas de entradas e saídas e um controlador Beckhoff, no entanto o controlo deste sistema pode ser representado por dois circuitos eletropneumáticos, um para a KM e outro para a PU.

O circuito pneumático da KM encontra-se representado na Figura 36. De salientar que para a realização do circuito pneumático foi utilizado apenas material Festo, uma vez que este fornecedor pertence ao MES (*Machine Equipment Standard*) Continental.

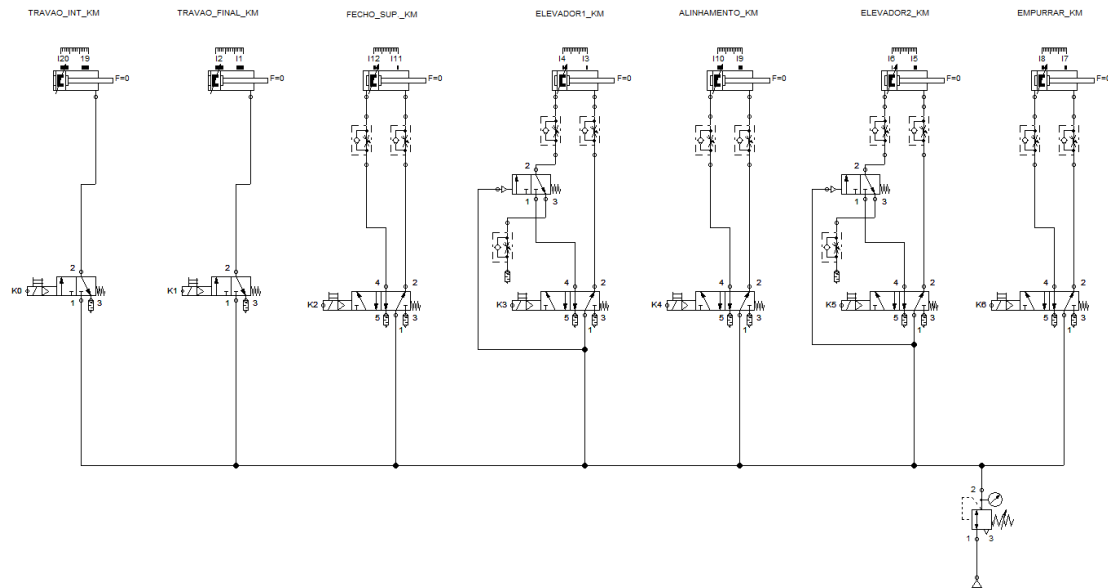


Figura 36 - Esquema do circuito pneumático da KM

O Anexo K permite uma melhor visualização do circuito pneumático representado na Figura 36. Analisando o anexo é possível verificar que, à exceção das válvulas utilizadas para os cilindros de travão e das utilizadas para o caso de emergência de falha de ar nos cilindros de elevação, todas as válvulas (S2, S3, S4, S5, S6) são MFH 5-1/4. A utilização deste tipo de válvula é necessário pois os cilindros que estas estão a comandar são de duplo efeito. Estas válvulas são acionadas através de um solenoide (bobina eletromagnética) e possuem retorno por mola, sendo apenas necessário garantir a chegada ou não de corrente à bobina. As válvulas S0 e S1 são MFH-3-1/4, uma vez que os cilindros de travão são de simples efeito, sendo que as suas posições estáveis são as de avanço. As válvulas S12 e S13 são do tipo VUWS-L20-M32C-M-Q8. Este tipo de válvula tem acionamento pneumático e retorno por mola. A sua função no circuito é impedir que os cilindros pneumáticos responsáveis pelo levantamento de cargas na vertical desçam, de forma descontrolada, em caso de emergência de falha de ar. Para tal, estas válvulas, quando se encontram na sua posição estável, ou seja, no caso de falha de ar, garantem que o ar passa por uma válvula reguladora de fluxo que irá fazer com que o fluxo de ar a sair do cilindro seja muito reduzido, resultando numa descida controlada. Esta parte do circuito tem apenas a função de garantir a segurança no caso de haver uma falha de ar. As válvulas reguladoras de fluxo são do tipo GR1A-1/4-QS-8-D. A utilização deste tipo de válvulas em todos os cilindros pneumáticos, à exceção dos de travão, permite controlar as velocidades de avanço e recuo destes cilindros por forma a obter controlo sobre os movimentos do transportador [4].

Foram realizados cálculos por forma a ter conhecimento da pressão mínima de funcionamento necessária nos cilindros pneumáticos dos elevadores, para que estes fossem capazes de elevar um suporte com carcaça. A Tabela 26 apresenta estes cálculos.

Tabela 26 - Cálculos realizados para os cilindros pneumáticos

Cilindros Pneumáticos		
Massa do suporte de carcaças	10	Kg
Massa de uma carcaça	8	Kg
Aceleração da gravidade	9,81	m/s ²
Força necessária	176,58	N
Diâmetro pistão	0,04	m
Pressão necessária	1,41	bar

Através da análise da Tabela 26, é possível verificar que a pressão mínima necessária para elevar um suporte com carcaça é de 1,41 bar. Para o cálculo da força necessária foi utilizada a segunda lei de Newton e, posteriormente, para o cálculo da pressão necessária foi dividida a força pela área do pistão do cilindro pneumático. O valor obtido foi convertido para de [Pa] para [bar] por forma a facilitar a sua interpretação e representa a pressão mínima necessária para elevar um suporte com carcaça. A pressão utilizada para ambos os circuitos, da KM e da PU, é de 4 bar, pelo que garante que a elevação dos suportes com carcaça será realizada sem problemas.

A Figura 37 representa o circuito elétrico que faria o controlo do circuito pneumático da KM, concluindo assim o circuito electropneumático capaz de efetuar o controlo equivalente ao realizado pelo programa introduzido no controlador Beckhoff.

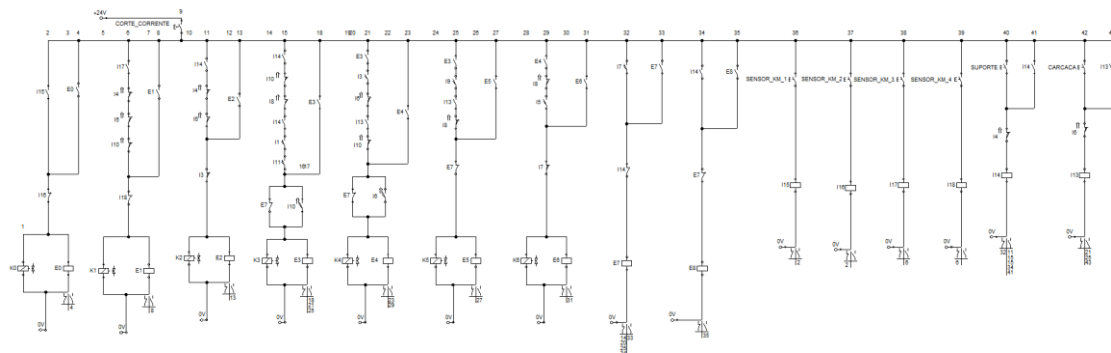


Figura 37 - Esquema do circuito elétrico da KM

O Anexo K permite uma melhor visualização do circuito elétrico representado na Figura 37. É possível verificar que as bobinas eletromagnéticas responsáveis pelo acionamento das válvulas existentes no circuito pneumático se encontram na parte inferior do circuito elétrico. Consegue visualizar-se, também, que cada uma dessas bobinas é controlada por um pequeno circuito elétrico baseado em *sets*, *resets* e relés auxiliares com a função de auto alimentação da bobina. Para a realização dos *sets* e *resets* são utilizados os sensores magnéticos existentes nos cilindros pneumáticos que detetam se o pistão se encontra na posição do sensor, os sensores indutivos que detetam a presença de um suporte de carcaças e o sensor que deteta

a existência de uma carcaça no suporte, quando este se encontra na posição ergonómica da KM. Na parte mais à direita do circuito encontram-se as botoneiras que permitem simular e ativar os sensores indutivos e o detetor de carcaças.

Analisando a Figura 36 e a Figura 37, verifica-se que o funcionamento do sistema de elevação da KM apresenta como entradas, sensores de posição dos cilindros, sensores indutivos que detetam a presença ou passagem de um suporte de carcaças e uma fotocélula que deteta a existência de uma carcaça no suporte. Os cilindros pneumáticos são as saídas existentes neste sistema.

A posição inicial deste transportador, no lado da KM, apresenta todos os cilindros recuados, à exceção dos cilindros responsáveis por travar os suportes de carcaças. A existência de dois travões ao longo do processo de descida por gravidade é necessária para impedir que os suportes atinjam velocidades de tal forma elevadas que possam danificar componentes do sistema de transporte. A Figura 38 permite visualizar um suporte de carcaças no travão intermédio da KM.



Figura 38 – Suporte de carcaças no travão intermédio da KM

No momento em que este suporte é detetado, o cilindro de travão intermédio da KM recua para que o suporte possa seguir até ao travão final da KM. Quando for detetada a passagem deste suporte por um sensor indutivo após o cilindro do travão intermédio, este avança para impedir que o próximo suporte passe sem que seja travado nesta zona. A Figura 39 permite visualizar o sistema de travão utilizado neste transportador.



Figura 39 - Sistema de travão

Observando a Figura 39 verifica-se a presença de dois sensores indutivos IFS 205, da marca IFM, responsáveis pela deteção da presença ou passagem de um suporte de carcaças. A configuração deste sistema de travão contempla a utilização de um cilindro pneumático ADVU-50-40-A-P-A e uma rótula FK-M12x1,25, ambos do fornecedor Festo. Para além destes componentes, este sistema utiliza um veio em aço que se desloca no interior de um casquilho em bronze, movido pelo cilindro pneumático. A configuração deste sistema permite que o veio em aço absorva o impacto dos suportes de carcaças sem que o cilindro pneumático se danifique, uma vez que a rótula compensa qualquer desalinhamento existente no momento do impacto.

De seguida, o suporte é travado no travão final da KM, até que se reúnam todas as condições para a passagem do suporte de carcaças para o elevador da KM. A Figura 40 mostra um suporte de carcaças no travão final da KM, a aguardar que o elevador esteja disponível para realizar o seu transporte.



Figura 40 – Suporte de carcaças no travão final da KM

No momento em que todas as condições estejam reunidas dá-se a passagem do suporte e, esta é detetada pelo sensor indutivo existente, depois do cilindro de travão. A passagem deste suporte pelo sensor garante que nada irá impedir que o cilindro pneumático de travão avance em segurança. Estando o travão em posição de segurança garante-se que nenhum outro suporte passa para a zona do elevador da KM.

De seguida é detetada, por outro sensor indutivo, a presença de um suporte de carcaças no elevador. Nesse momento, dá-se o avanço do cilindro pneumático responsável pelo fecho do mecanismo do suporte de carcaças. O primeiro cilindro do sistema de elevação da KM avança, assim que o fecho do mecanismo estiver concluído, elevando o segundo cilindro pneumático e, conseqüentemente, a guia móvel e o suporte de carcaças até à posição ergonómica. O elevador da KM permanece, nesta posição, a aguardar a colocação de uma carcaça no suporte.

A Figura 41 mostra um suporte com carcaça na posição ergonómica da KM.



Figura 41 – Suporte com carcaça na posição ergonómica da KM

No momento em que a fotocélula deixa de receber o sinal refletido significa que existe uma carcaça no suporte e dá-se, de seguida, o alinhamento do elevador, por forma a garantir que a inclinação da guia móvel é a mesma da guia superior.

Posteriormente é realizado o avanço do segundo cilindro pneumático, responsável pela elevação da guia móvel e do suporte até à guia superior. A Figura 42 representa a última etapa do processo de transporte do lado da KM.



Figura 42 - Suporte de carcaças na posição superior do elevador da KM

Na última etapa da elevação do suporte de carcaças é realizado o avanço do cilindro pneumático responsável por empurrar o suporte até que este saia da guia móvel, passando para a guia inclinada, seguindo assim, por gravidade, até à PU. Após ser detetada a posição de avanço total deste cilindro o sistema de elevação desce, regressando assim à posição inicial. No momento em que for detetada a posição de recuo dos cilindros que fazem a elevação e o alinhamento, o circuito fará recuar o cilindro de travão final da KM, no caso de haver um suporte de carcaças em espera, por forma a permitir a sua entrada e possibilitar, assim, o funcionamento automático e contínuo do sistema.

O circuito pneumático do lado da PU do novo conceito de transportador de carcaças encontra-se representado na Figura 43. À semelhança da KM, para a realização do circuito pneumático foi utilizado material Festo, uma vez que este fornecedor pertence ao MES Continental.

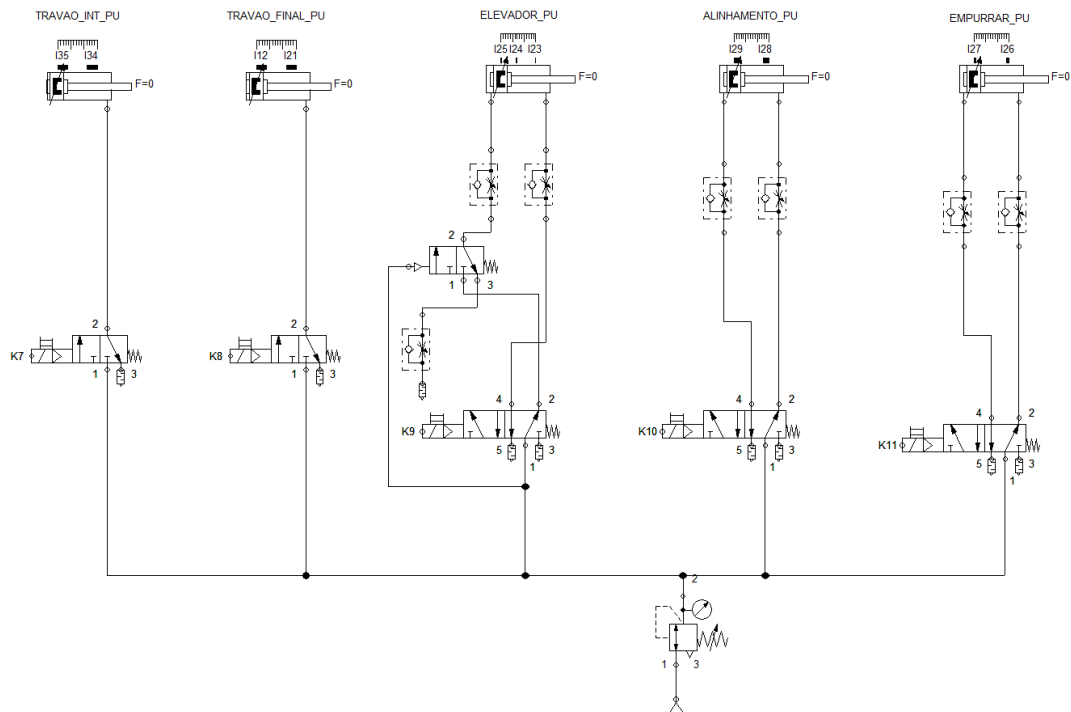


Figura 43 - Esquema do circuito pneumático da PU

O Anexo K permite uma melhor visualização do circuito pneumático representado na Figura 43. Através da análise do anexo é possível verificar que, as válvulas utilizadas são dos mesmos tipos das aplicadas no lado da KM, quando as circunstâncias são as mesmas.

A Figura 44 representa o circuito elétrico da PU capaz de efetuar o controlo, do circuito pneumático, equivalente ao controlo realizado pelo programa introduzido no controlador Beckhoff. Conclui-se, assim, o circuito eletropneumático da PU.

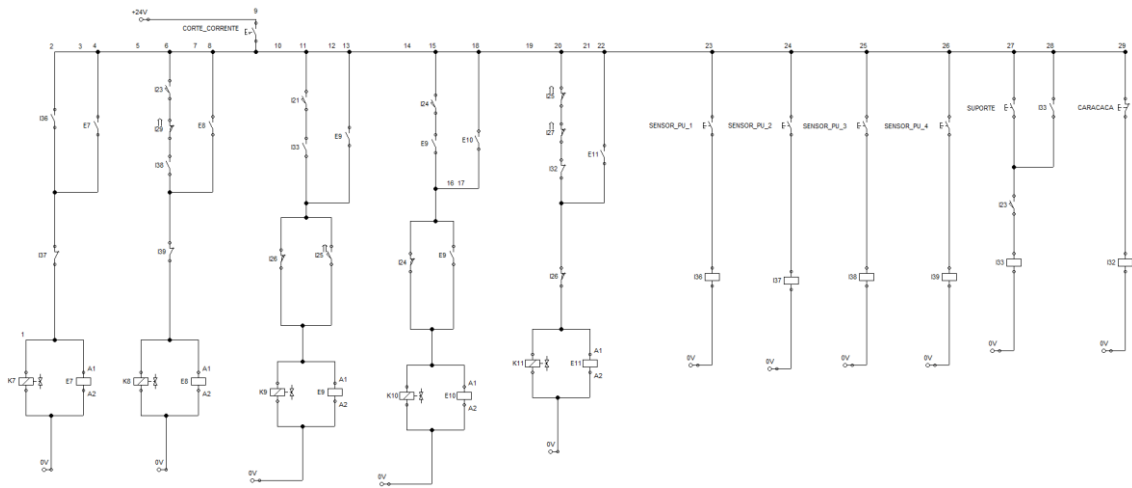


Figura 44 - Esquema do circuito elétrico da PU

O Anexo K permite uma melhor visualização do circuito elétrico representado na Figura 44. Através da análise do anexo é possível compreender a semelhança lógica e de funcionamento de ambos os circuitos elétricos, da KM e da PU.

Analisando a Figura 43 e a Figura 44 verifica-se que o funcionamento do sistema de elevação da PU, à semelhança do existente na KM, apresenta como entradas, sensores de posição dos cilindros, sensores indutivos que detetam a presença ou passagem de um suporte de carcaças e uma fotocélula que deteta a existência de uma carcaça no suporte. Os cilindros pneumáticos são as saídas existentes neste sistema.

A posição inicial deste sistema de elevação garante que a guia móvel se encontra no piso superior e devidamente alinhada com a guia inclinada superior. Para que esta configuração seja possível é necessário que o cilindro pneumático de elevação se encontre em posição de avanço e o de alinhamento se encontre em posição de recuo. A detecção desta posição inicial é realizada pelos sensores de posição dos cilindros que garantem o correto posicionamento da guia móvel.

À semelhança do sistema existente no lado da KM, existe, também, um cilindro pneumático com função de travão intermédio no lado da PU, por forma a impedir que os suportes de carcaças atinjam velocidades indesejáveis na sua descida por gravidade. A Figura 45 permite visualizar um suporte de carcaças no travão intermédio da PU, durante o seu processo de transporte.



Figura 45 - Suporte de carcaças no travão intermédio da PU

Quando o elevador se encontra no piso superior significa que o sistema está a aguardar a chegada de um suporte de carcaças, pelo que no caso de haver um suporte em espera antes do cilindro pneumático de travão final da PU, este irá recuar e permitir que o suporte se movimente até ao elevador. A Figura 46 permite visualizar um suporte com carcaça no travão final da PU a aguardar que se reúnam todas as condições para que este possa seguir para o elevador.



Figura 46 - Suporte de carcaças no travão final da PU

No momento em que a passagem do suporte de carcaças pelo travão da PU for detetada pelo sensor indutivo existente após o travão, este cilindro irá avançar

novamente por forma a impedir a passagem de outro suporte de carcaças para o sistema de elevação. A Figura 47 mostra um suporte de carcaças na posição superior do elevador da PU.



Figura 47 - Suporte de carcaças na posição superior do elevador da PU

Assim que for detetada a presença do suporte na guia móvel do sistema de elevação da PU, o cilindro pneumático responsável pela subida e descida da guia móvel irá descer, fazendo com que esta e, conseqüentemente o suporte de carcaças o acompanhem. O cilindro pneumático de alinhamento avança no momento em que o cilindro de elevação se encontrar a meio do curso, uma vez que a configuração do sistema implica que este alinhamento seja realizado durante a elevação. Na Figura 48 é possível verificar a presença de um suporte com carcaça na posição ergonómica (inferior) da PU.



Figura 48 - Suporte com carcaça na posição ergonómica da PU

No momento em que for retirada a carcaça, a fotocélula passa a receber o sinal refletido, o que permite que o suporte seja retirado do elevador. Para a realização desta ação é utilizado um cilindro pneumático que empurra o suporte para a guia inclinada inferior, permitindo assim que o sistema de elevação volte para a posição inicial, levando a guia móvel para o piso superior. Assim que for detetada a posição inicial, o cilindro de travão da PU irá recuar, permitindo assim, à semelhança do sistema de elevação da KM, que entre outro suporte de carcaças para que o sistema funcione de forma automática e contínua.

A Figura 49 mostra o protótipo do novo conceito de transportador de carcaças da KM para a PU realizado na oficina de projetos do departamento de engenharia II da Continental Mabor.



Figura 49 - Protótipo do novo conceito de transportador de carcaças da KM para a PU

A Tabela 27 apresenta o custo envolvido na realização deste protótipo.

Tabela 27 - Custo do protótipo do novo conceito de transportador de carcaças da KM para a PU

<i>Peça</i>	<i>Preço [€]</i>	<i>Quantidade</i>	<i>Preço total [€]</i>
<i>Estrutura</i>	318,48	1	318,48
<i>Pneumática - Festo</i>	1473,28	1	1473,28
<i>Sensores - Sick</i>	20,00	2	40,00
<i>Sensores - IFM Eletronic</i>	10,00	5	50,00
<i>Suporte de carcaças</i>	370,14	4	1480,56
Total			3362,32

Analisando a Tabela 27, verifica-se que o custo do protótipo do novo conceito de transportador foi inferior ao custo necessário para a realização de uma versão final, apresentado na Tabela 18. O facto de o custo do protótipo ser inferior deve-se à utilização de alguns componentes provenientes de máquinas em fim de vida e à utilização de, apenas, quatro suportes de carcaças.

O Anexo L apresenta o desenho de conjunto do protótipo do novo conceito de transportador de carcaças – KM/PU.

6.3 Qualidade

No que diz respeito à qualidade foram realizados testes comparativos entre a solução atual e o protótipo do novo conceito de transportador de carcaças. Os testes realizados têm como objetivo comparar a deformação obtida ao longo de 8 minutos de tempo de espera, entre a solução atual e o novo conceito.

Para a realização dos testes de qualidade foram utilizadas duas carcaças com o código reduzido 004, realizadas com tela Rayon. Foram medidas as distâncias entre talões na parte superior e inferior das carcaças, assim como os diâmetros horizontais e verticais, por forma a realizar uma comparação acerca da tendência para a ovalização, entre a solução atual e o protótipo do novo conceito.

A Figura 50 mostra o teste realizado, onde é possível verificar que as carcaças se encontravam próximas uma da outra, por forma a eliminar uma possível diferença de temperatura entre os locais dos ensaios.



Figura 50 - Teste comparativo de qualidade entre a solução atual e o novo conceito

O teste teve a duração de 8 minutos, tendo sido recolhidas as distâncias entre talões uma vez por minuto e os diâmetros iniciais e finais de cada carcaça.

A Tabela 28 apresenta a comparação entre a distância entre talões superior do protótipo e da solução atual durante a realização do teste.

Tabela 28 - Distância entre talões superior durante a realização do teste comparativo de qualidade

<i>Distância entre talões superior</i>		
<i>Tempo [min]</i>	<i>Superior Protótipo</i>	<i>Superior Atual</i>
0	420	420
1	420	405
2	420	405
3	415	400
4	415	400
5	415	400
6	415	395
7	415	395
8	415	395

Analizando a Tabela 28, verifica-se que, no protótipo do novo conceito, a aproximação dos talões, ao fim de 8 minutos, foi de 5 mm face à distância inicial/ideal e que, na solução atual, foi de 25 mm. Verifica-se, então, uma redução de 80% na deformação obtida no protótipo do novo conceito, face à solução atual.

A Tabela 29 apresenta a comparação da distância entre talões inferior, entre o protótipo do novo conceito e a solução atual, durante a realização do teste de qualidade.

Tabela 29 - Distância entre talões inferior durante a realização do teste comparativo de qualidade

<i>Distância entre talões inferior</i>		
<i>Tempo [min]</i>	<i>Inferior Protótipo</i>	<i>Inferior Atual</i>
0	420	420
1	420	420
2	420	420
3	420	420
4	420	420
5	420	420
6	420	420
7	420	420
8	420	420

A Tabela 29 permite verificar que a distância entre talões se manteve, durante os 8 minutos, para ambas as soluções, igual à ideal.

O Gráfico 13 apresenta uma comparação da variação da distância entre talões, superior e inferior, medida com a ideal.

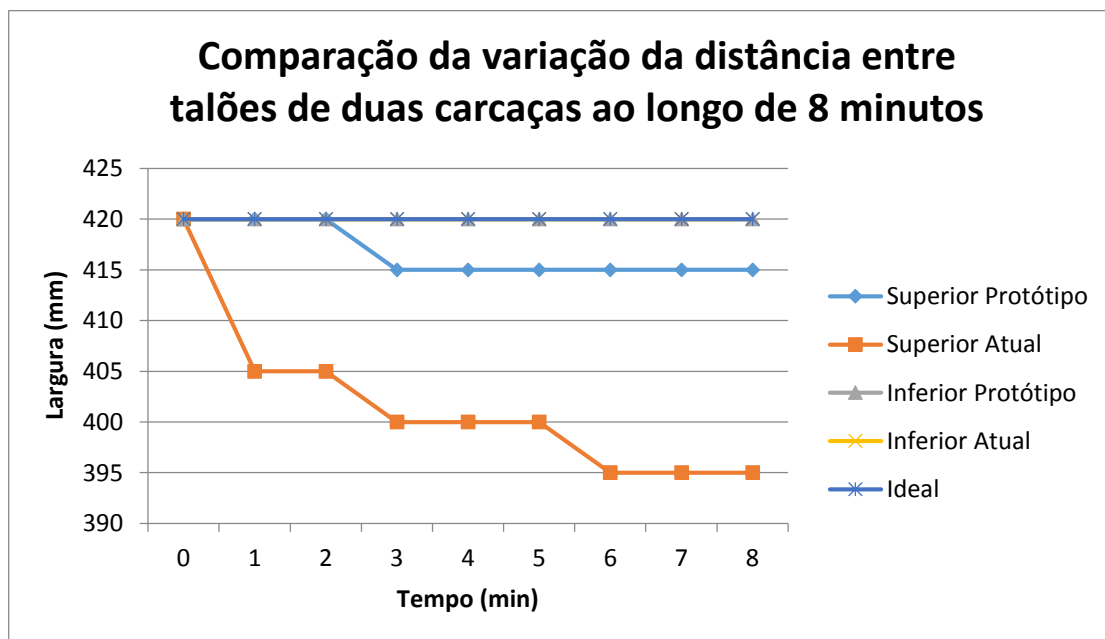


Gráfico 13 - Comparação da variação da distância entre talões de duas carcaças ao longo de 8 minutos de espera na solução atual e no protótipo

Através da análise do Gráfico 13, é possível verificar que as melhorias na utilização do novo conceito de transportador de carcaças da KM para a PU são significativas, no que diz respeito a possíveis problemas de qualidade devidos à aproximação dos talões das carcaças durante o tempo de espera no transportador.

A Tabela 30 apresenta as medições dos diâmetros ideal, horizontal e vertical, no início e fim do teste, para o protótipo do novo conceito e para a solução atual.

Tabela 30 - Medição da ovalização no início e fim do teste de qualidade

	<i>Protótipo</i>	<i>Atual</i>	<i>Tempo [min]</i>
<i>Diâmetro ideal</i>	390	390	0
<i>Diâmetro horizontal</i>	415	430	8
<i>Diâmetro vertical</i>	380	365	8

O Gráfico 14 apresenta a comparação entre a ovalização de duas carcaças ao fim de 8 minutos de espera no transportador atual e no protótipo.

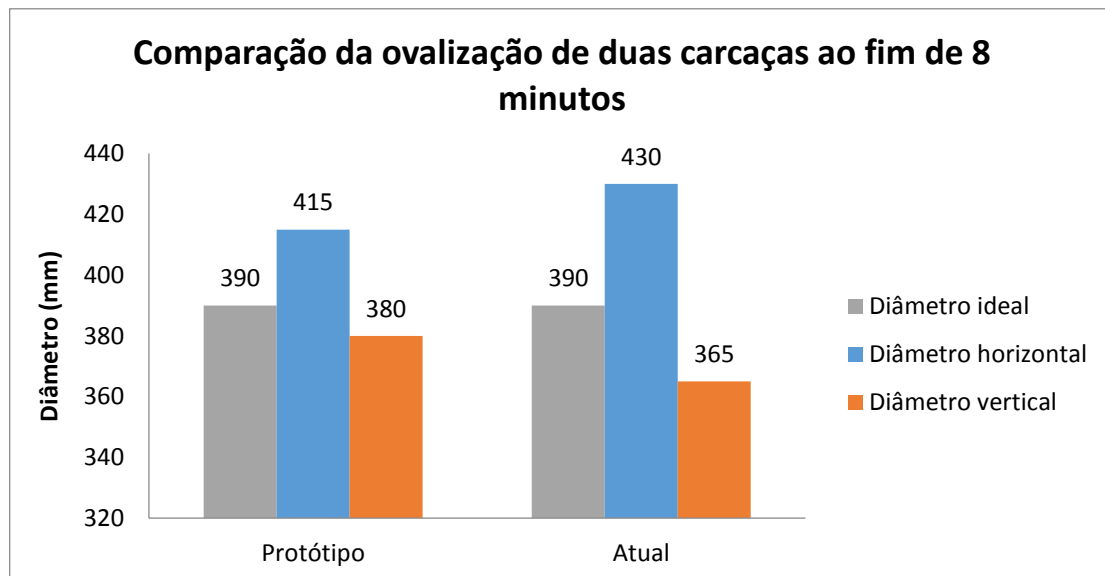


Gráfico 14 - Comparação da ovalização de duas carcaças ao fim de 8 minutos de espera no protótipo e na solução atual

Observando o Gráfico 14, verifica-se que no protótipo do novo conceito a ovalização da carcaça em espera, ao fim de 8 minutos, é bastante inferior à da solução atual. Verifica-se, no novo conceito, uma redução de 15 mm no diâmetro horizontal e um aumento de 15 mm no diâmetro vertical face aos resultados obtidos para a solução atual, o que faz com que o novo conceito garanta à carcaça uma forma mais próxima de um círculo.

Com base nos resultados obtidos e analisados no presente capítulo, verifica-se que as vantagens da implementação do novo conceito de transportador de carcaças da KM para a PU, em termos de qualidade, são significativas. As vantagens de qualidade analisadas no presente capítulo possibilitam a redução do *scrap* por mau

carregamento, uma vez que no novo conceito a distância entre talões se mantém muito próxima da ideal e que a ovalização das carcaças foi reduzida.

A realização de, apenas, um teste de qualidade deve-se à necessidade de retirar as carcaças de produção por um longo período de tempo, necessário à realização destes testes. Desta forma, apenas foi possível a realização do teste analisado neste capítulo.

6.4 Ergonomia

Com a ajuda da DSIA, foi realizado uma avaliação da ergonomia do novo conceito de transportador de carcaças da KM para a PU. À semelhança da avaliação realizada para a solução atual, utilizou-se, como instrumento auxiliar, o *software* BDS. Os Anexos H e I apresentam as tabelas, fornecidas pela DSIA, extraídas deste *software*. Estas tabelas correspondem à avaliação da tarefa de colocar e retirar a carcaça no protótipo, respetivamente. A Figura 51 mostra uma secção da tabela do Anexo H.

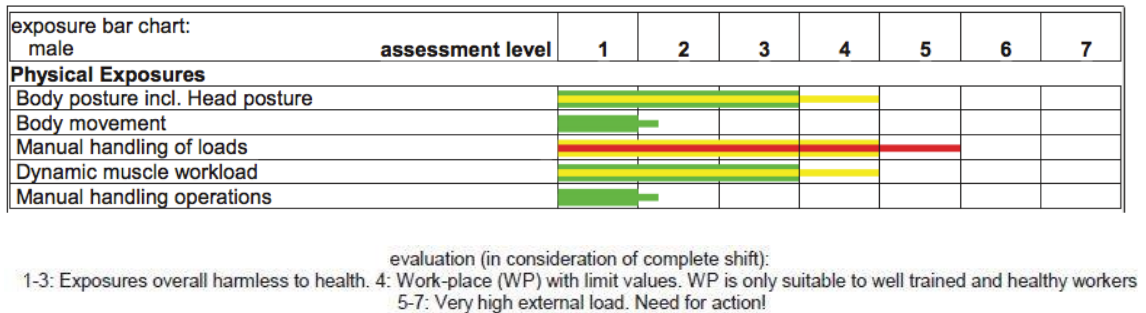


Figura 51 - Avaliação ergonómica da colocação de carcaças no protótipo

Através da análise da Figura 51 e comparação com a Figura 2, verifica-se que o novo conceito de transportador de carcaças revela melhorias significativas, no que diz respeito à ergonomia da tarefa de colocar a carcaça.

A Figura 52 representa uma secção da tabela do Anexo I.

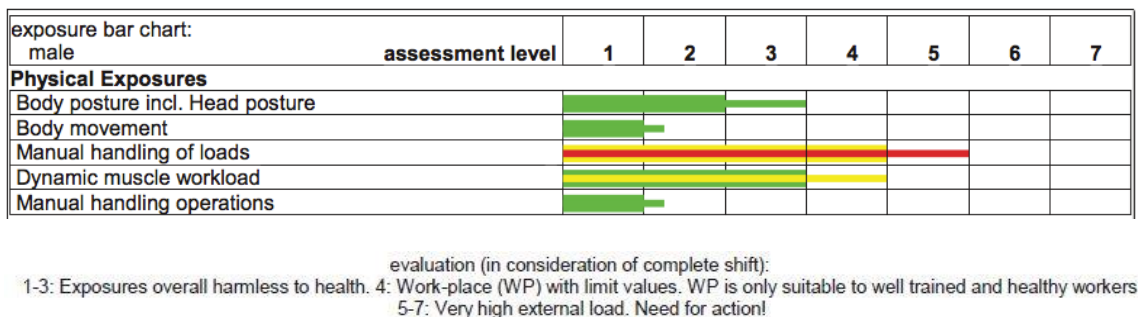


Figura 52 - Avaliação ergonómica da remoção de carcaças do protótipo

Analisando a Figura 52 e comparando-a com a Figura 3, verifica-se a existência de melhorias significativas na ergonomia do novo conceito de transportador de carcaças face à solução atual.

As melhorias ergonómicas são notórias no novo conceito de transportador de carcaças e revelam vantagens para a implementação deste conceito na Continental Mabor, com o objetivo de reduzir a possibilidade de eventuais problemas de saúde dos operadores que possam estar relacionados com o transportador de carcaças.

7 CONCLUSÕES

O projeto de estudo e desenvolvimento de um novo conceito de transportador de carcaças da KM para a PU permitiu adquirir experiência e conhecimento em conceção e desenvolvimento de novas soluções para a indústria em geral e, em particular para a indústria de atuação da Continental Mabor, a indústria de pneus.

A definição do problema existente no transporte de carcaças na Continental Mabor suscitou um maior interesse na pesquisa por novas soluções capazes de corrigir ou até mesmo eliminar esses problemas. Essa pesquisa implicou a aplicação de conhecimentos técnicos de muitas áreas da engenharia mecânica, em especial da cinemática, da automação e pneumática associadas aos mecanismos de armazenamento e transporte.

A implementação de uma solução de transporte e armazenamento proposta é fruto do bom resultado obtido na procura de soluções e dos estudos e comparação realizados entre estas.

A comparação realizada entre o protótipo do novo conceito de transportador de carcaças e o transportador atual permite ter conhecimento das vantagens existentes na implementação desta solução. Com base nos resultados obtidos nesta comparação verifica-se que as melhorias são significativas, tanto em termos de qualidade como de ergonomia, que eram os grandes objetivos desta dissertação.

Esta comparação permite verificar, em termos de qualidade, que as deformações existentes nas carcaças são bastante inferiores, tendo sido praticamente eliminado o problema mais gerador de *scrap* no carregamento automático de carcaças, que é a diminuição da distância entre talões superior resultante da deformação ao longo do tempo de espera. Esta deformação foi reduzida, para a carcaça testada, em 80%, passando a diminuição da distância entre talões superior de 25 mm, na solução atual, para apenas 5 mm, no protótipo do novo conceito, ao fim de 8 minutos de tempo de espera.

Numa perspetiva de melhoria, esta dissertação permite à Continental Mabor ter conhecimento das vantagens deste novo conceito e avaliar o seu impacto na produção, por forma a poder mensurar a recuperação de um eventual investimento nesta solução, caso se verifique a implementação deste novo conceito em mais módulos de construção de pneus da empresa.

8 TRABALHOS FUTUROS

A realização desta dissertação implicou alguns estudos comparativos de qualidade entre o protótipo do novo conceito de transportador de carcaças e o processo de transporte atual, tendo sido realizado apenas um teste, pelo que seria relevante a realização de mais testes de qualidade, com os mais variados tipos e medidas de carcaças, de modo a que os resultados sejam mais fiáveis.

Como trabalho futuro seria, também, relevante implementar melhorias (que são já conhecidas) ao protótipo, como por exemplo a utilização de um cilindro pneumático para fechar o suporte no lado da PU, ao invés de esta tarefa ser realizada no momento de descida, pois há deformações na carcaça devidas ao tempo de espera no suporte de armazenamento fechado. Seria interessante estudar a possibilidade de colocar um sensor que detetasse a aproximação do operador da PU, de modo a que o cilindro fosse capaz de fechar o suporte apenas no momento em que o operador vai retirar a carcaça.

O estudo de uma solução para evitar a necessidade de colocar gradeamento no transportador é, também, um trabalho futuro de extremo interesse, pois poderia eliminar-se a necessidade de colocar gradeamento com a utilização de sensores capazes de detetar pessoas a entrar em zonas de risco e, desta forma, parar a máquina. Esta tarefa poderia ser realizada com a utilização de *scanners*, no entanto estes produtos têm um custo demasiado elevado, pelo que seria interessante avaliar outras soluções do mercado capazes de satisfazer esta necessidade.

Uma eventual redução do atravancamento do transportador seria relevante, pois o espaço existente no local onde este tem de ser posicionado é reduzido, pelo que seria interessante reduzir a largura do novo conceito, muito embora as dimensões deste não sejam muito superiores às do atual.

9 BIBLIOGRAFIA

- [1] «Intranet Continental Mabor.» .
- [2] «Site Igus 1.» Disponível em:
http://www.igus.pt/wpck/2003/DryLin_W_Doppelschiene. [Acedido: 06-Abr-2015].
- [3] «Site Igus 2.» Disponível em:
http://www.igus.pt/wpck/1996/DryLin_W_Konstruktionshinweise_und_regeln. [Acedido: 06-Abr-2015].
- [4] P. A. F. de Abreu, «Sistemas Hidráulicos e Pneumáticos.» 2012.
- [5] R. G. Nisbett, J. K.; Budynas, *Elementos de Máquinas de Shigley*, 8ª ed. McGraw Hill Brasil, 2011.
- [6] J. M. de S. Morais, *Desenho Técnico Básico*, 26ª ed. Porto Editora, 2012.

10 ANEXOS

Anexo A – Avaliação da tarefa de colocar a carcaça na KM – Transportador atual

work-task:

KM01 - Take out the carcass of the machine and place it in ...

risk assessment

work-place Tire Building KM/PU carcass
transporter
internal identification 250TB/KM/PU_CT
evaluator/judge ribeiros_std
date of assessment 08.05.2015
date of last modification 11.05.2015
last modification by user baratas_sim
duration of shift 480 min
gender of employees male

exposure bar chart: female	assessment level	1	2	3	4	5	6	7
Physical Exposures								
Body posture incl. Head posture								
Body movement								
Manual handling of loads								
Dynamic muscle workload								
Manual handling operations								
Environmental Conditions								
Noise								
Whole-Body-Vibration								
Hand-Arm-Vibration								
Climate conditions - high temperatures								
Climate conditions - low temperatures								
Climate conditions - thermal radiation								
Draught								
Weather influence								
Wet work								
Hazardous substances								
Dirt								
Lighting								
Glare								
Work Organisation								
Responsibility for other persons								
Responsibility for the process								
Requirement of concentration								
Unchallenging work								
Visual space								
Visual acuity								
Fine motor skills								
Repetition of work-tasks								
Connection to the technical process								
Contact with colleagues								
Occupational Safety								
Physical exposure due to personal protective equipment								
Legal requirements								
Protective measures								

evaluation (in consideration of complete shift):
1-3: Exposures overall harmless to health. 4: Work-place (WP) with limit values. WP is only suitable to well trained and healthy workers.
5-7: Very high external load. Need for action!

Anexo B – Avaliação da tarefa de retirar a carcaça na PU – Transportador atual

work-task:

KM02 - Take out carcass of the machine and place it in transporter

risk assessment

work-place Tire Building KM/PU carcass
 transporter
internal identification 250TB/KM/PU_CT
evaluator/judge ribeiros_std
date of assessment 08.05.2015
date of last modification 11.05.2015
last modification by user baratas_sim
duration of shift 480 min
gender of employees male

exposure bar chart: female	assessment level	1	2	3	4	5	6	7
Physical Exposures								
Body posture incl. Head posture								
Body movement								
Manual handling of loads								
Dynamic muscle workload								
Manual handling operations								
Environmental Conditions								
Noise								
Whole-Body-Vibration								
Hand-Arm-Vibration								
Climate conditions - high temperatures								
Climate conditions - low temperatures								
Climate conditions - thermal radiation								
Draught								
Weather influence								
Wet work								
Hazardous substances								
Dirt								
Lighting								
Glare								
Work Organisation								
Responsibility for other persons								
Responsibility for the process								
Requirement of concentration								
Unchallenging work								
Visual space								
Visual acuity								
Fine motor skills								
Repetition of work-tasks								
Connection to the technical process								
Contact with colleagues								
Occupational Safety								
Physical exposure due to personal protective equipment								
Legal requirements								
Protective measures								

evaluation (in consideration of complete shift):
1-3: Exposures overall harmless to health. 4: Work-place (WP) with limit values. WP is only suitable to well trained and healthy workers.
5-7: Very high external load. Need for action!

Anexo C – Dados antropométricos da população portuguesa – 2005/2006

Formulário – Exame Ergonomia , MEH/CEEH, 2005/2006

Tabela UMINHO - dados antropométricos população portuguesa adulta

Dimensão antropométrica	População masculina				População feminina			
	5	50	95	dp	5	50	95	dp
1. Altura de pé	1565	1690	1815	76	1456	1565	1674	66
2. Altura dos olhos (rel. ao solo)	1463	1585	1707	74	1355	1465	1575	67
3. Altura do ombro (rel. ao solo)	1277	1395	1513	72	1181	1290	1399	66
4. Altura do cotovelo (rel. ao solo)	966	1050	1134	51	889	965	1041	46
5. Altura do punho (rel. ao solo)	664	735	806	43	619	685	751	40
6. Altura sentado (rel. ao assento)	818	920	1022	62	799	865	931	40
7. Distância olhos-assento	716	810	904	57	696	760	824	39
8. Distância ombro-assento	576	630	684	33	496	590	684	57
9. Distância cotovelo-assento	206	255	304	30	191	250	309	36
10. Espessura da coxa	134	180	226	28	124	165	206	25
11. Comprimento máximo da coxa	518	590	662	44	517	570	623	32
12. Distância coxa-poplíteo	419	485	551	40	421	470	519	30
13. Altura do joelho (rel. ao solo)	459	525	591	40	434	480	526	28
14. Altura do poplíteo (rel. ao solo)	347	400	453	32	327	365	403	23
15. Largura dos ombros (bideltóide)	426	475	524	30	379	445	511	40
16. Largura dos ombros (biacromial)	299	335	371	22	251	300	349	30
17. Largura das ancas	341	380	419	24	342	400	458	35
18. Espessura do peito (busto)	221	265	309	27	226	275	324	30
19. Espessura abdominal	204	260	316	34	201	260	319	36
20. Distância cotovelo-punho	320	350	380	18	292	320	348	17
21. Alcance funcional vertical (de pé)	1875	2030	2185	94	1719	1860	2001	86
22. Alcance funcional vertical (sentado)	1117	1250	1383	81	1071	1165	1259	57
23. Alcance funcional anterior	628	730	832	62	621	675	729	33
24. Altura lombar (rel. ao assento)	166	215	264	30	174	220	266	28
25. Peso (Kg)	57	75	93	11	49	65	81	10

Equação NIOSH

$$PLR = CC \times MH \times MV \times MD \times MA \times MP \times MF \times kg$$

$$CC = 23 \text{ kg}$$

$$MV = 1 - (0,003) \times |V - 75|$$

$$MD = 0,82 + (4,5 / D)$$

$$MA = 1 - (0,0032 \times A)$$

$$MH = 25 / H$$

$$H = 25 + L/2, \text{ se } V < 25 \text{ cm}$$

$$H = 20 + L/2, \text{ se } V > 25 \text{ cm}$$

Multiplicador de Qualidade da Pega

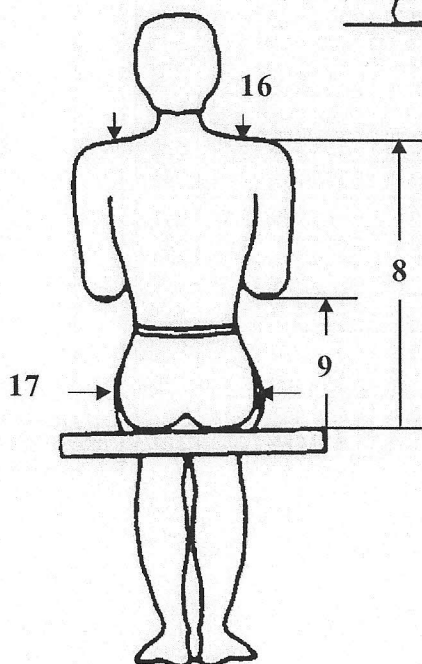
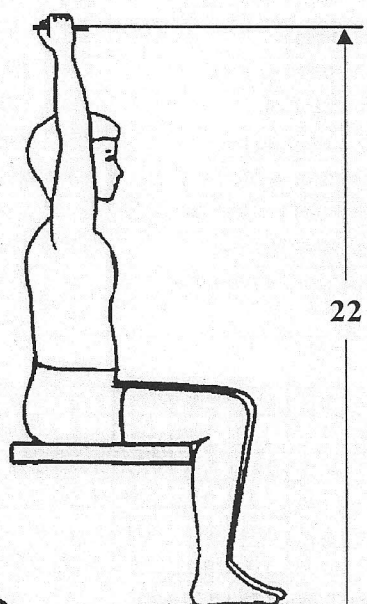
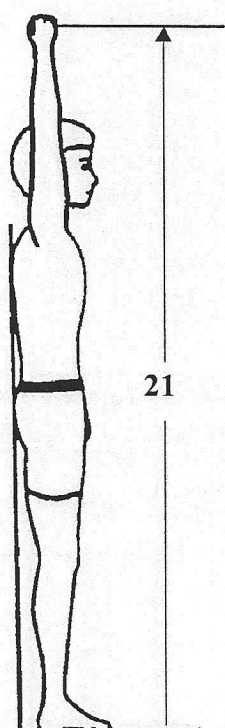
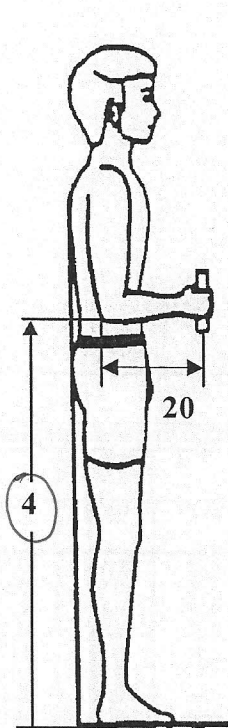
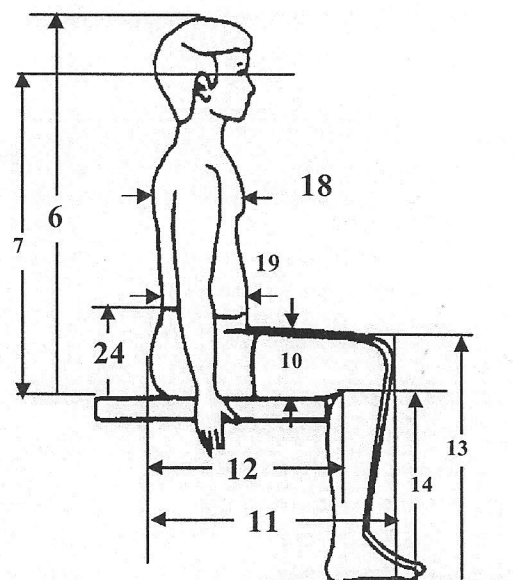
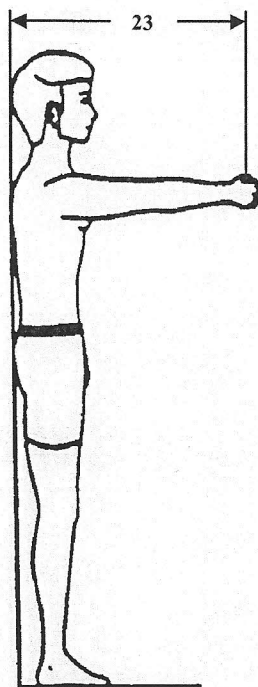
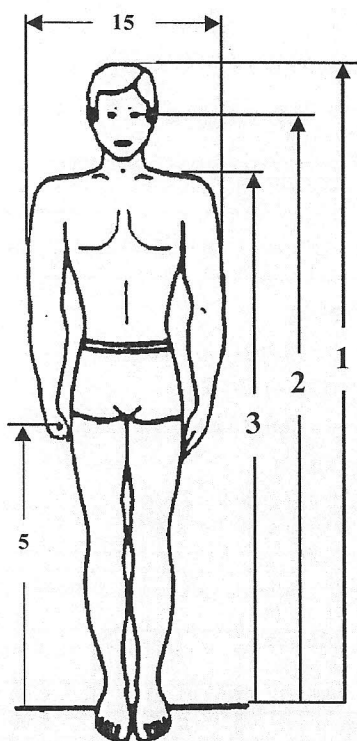
Qualidade da pega	V < 75 cm	V ≥ 75 cm
Boa	1,00	1,00
Aceitável	0,95	1,00
Má	0,90	0,90

p	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09	0.10
z	-2.33	-2.05	-1.88	-1.75	-1.64	-1.55	-1.48	-1.41	-1.34	-1.28
p	0.11	0.12	0.13	0.14	0.15	0.16	0.17	0.18	0.19	0.20
z	-1.23	-1.18	-1.13	-1.08	-1.04	-0.99	-0.95	-0.92	-0.88	-0.84
p	0.21	0.22	0.23	0.24	0.25	0.26	0.27	0.28	0.29	0.30
z	-0.81	-0.77	-0.74	-0.71	-0.67	-0.64	-0.61	-0.58	-0.55	-0.52
p	0.31	0.32	0.33	0.34	0.35	0.36	0.37	0.38	0.39	0.40
z	-0.50	-0.47	-0.44	-0.41	-0.39	-0.36	-0.33	-0.31	-0.28	-0.25
p	0.41	0.42	0.43	0.44	0.45	0.46	0.47	0.48	0.49	0.50
z	-0.23	-0.20	-0.18	-0.15	-0.13	-0.10	-0.08	-0.05	-0.03	0.00
p	0.51	0.52	0.53	0.54	0.55	0.56	0.57	0.58	0.59	0.60
z	0.03	0.05	0.08	0.10	0.13	0.15	0.18	0.20	0.23	0.25
p	0.61	0.62	0.63	0.64	0.65	0.66	0.67	0.68	0.69	0.70
z	0.28	0.31	0.33	0.36	0.39	0.41	0.44	0.47	0.50	0.52
p	0.71	0.72	0.73	0.74	0.75	0.76	0.77	0.78	0.79	0.80
z	0.55	0.58	0.61	0.64	0.67	0.71	0.74	0.77	0.81	0.84
p	0.81	0.82	0.83	0.84	0.85	0.86	0.87	0.88	0.89	0.90
z	0.88	0.92	0.95	0.99	1.04	1.08	1.13	1.18	1.23	1.28
p	0.91	0.92	0.93	0.94	0.95	0.96	0.97	0.98	0.99	0.995
z	1.34	1.41	1.48	1.55	1.64	1.75	1.88	2.05	2.33	2.58

Multiplicador de Frequência - NIOSH

Frequência (em elevações por minuto) ⁽¹⁾	Duração do período com tarefas de elevação					
	= 1 h		1 - 2 h		2 - 8 h	
	V<75	V≥75	V<75	V≥75	V<75	V≥75
0,2	1,00	1,00	0,95	0,95	0,85	0,85
0,5	0,97	0,97	0,92	0,92	0,81	0,81
1	0,94	0,94	0,88	0,88	0,75	0,75
2	0,91	0,91	0,84	0,84	0,65	0,65
3	0,88	0,88	0,79	0,79	0,55	0,55
4	0,84	0,84	0,72	0,72	0,45	0,45
5	0,80	0,80	0,60	0,60	0,35	0,35
6	0,75	0,75	0,50	0,50	0,27	0,27
7	0,70	0,70	0,42	0,42	0,22	0,22
8	0,60	0,60	0,35	0,35	0,18	0,18
9	0,52	0,52	0,30	0,30	0,00	0,15
10	0,45	0,45	0,26	0,26	0,00	0,13
11	0,41	0,41	0,00	0,23	0,00	0,00
12	0,37	0,37	0,00	0,21	0,00	0,00
13	0,00	0,34	0,00	0,00	0,00	0,00
14	0,00	0,31	0,00	0,00	0,00	0,00
15	0,00	0,28	0,00	0,00	0,00	0,00
>15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

(1) para valores de frequência inferiores a 0,2 usar o valor correspondente a 0,2 elevações / minuto.



Anexo D – Guia INA – LFS32



Guideways LFS32 (Series LFS)

solid profile, with two raceway shafts; corrosion-resistant
design possible

The datasheet is only an overview of dimensions and basic load ratings of the selected product. Please always observe all the guidelines in these overview pages. Further information is given on many products under the menu item "Description". You can also order comprehensive information via the Catalogue ordering system

(<http://www.ina.de/content.ina.de/en/mediathek/library/library.jsp>) or by telephone on +49 (91 32) 82 - 28 97.

h	20 mm	
b	32 mm	
l _{max}	6000 mm	Maximum length L of guideway; longer guideways are supplied in several sections and are marked accordingly.
1)	Underside marked	
a ₂	26 mm	
a _L max	116 mm	a _L and a _R are dependent on the guideway length L
a _L min	11 mm	a _L and a _R are dependent on the guideway length L
a _R max	116 mm	a _L and a _R are dependent on the guideway length L
a _R min	11 mm	a _L and a _R are dependent on the guideway length L
b ₁	24 mm	
d _{LW}	6 mm	
e _z	10,4 mm	
h ₁	12 mm	
h ₄	15 mm	
j _L	125 mm	
LF _G	440 mm ²	Value for cross-sectional area
I _y	20100 mm ⁴	
I _z	14100 mm ⁴	
N ₁	6,5 mm	
N ₃	12 mm	For a maximum load F _z or F _{oz} , support washers to DIN 433 and the maximum tightening torque (see fitting instructions) must be used.
W _y	1440 mm ³	

Wz 1360 mm³

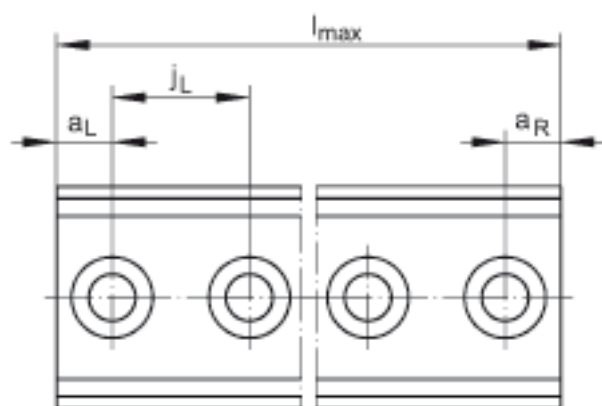
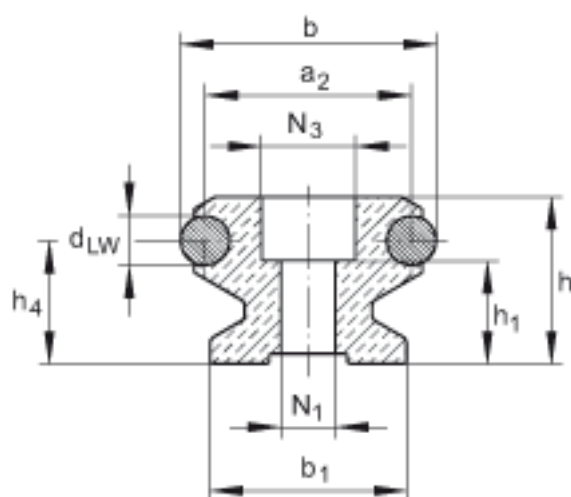
ms 1600 g/m Mass of guideway

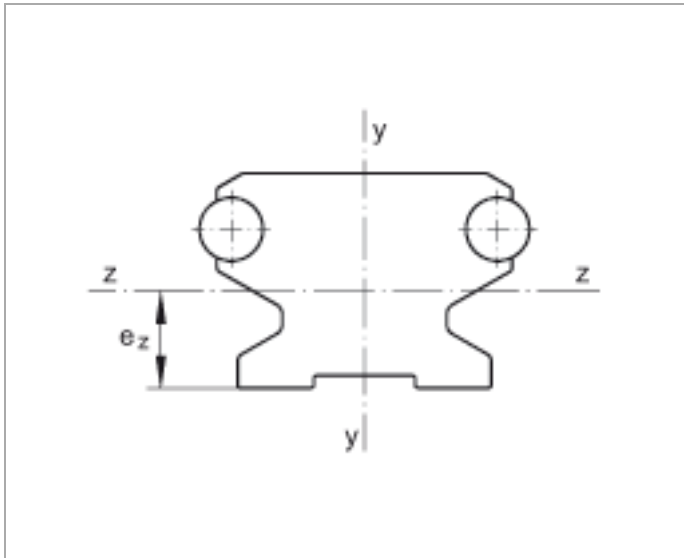
Ordering designation:

- Guideways without holes: LFS..-OL

- Guideways in design with anti-corrosion protection: LFS..-RB

Modulus of elasticity for LFS..-C, -CE, -CEE, -E, -EE, -F, -FE: 72000 N/mm²





Anexo E – Patim INA LFL-32SF



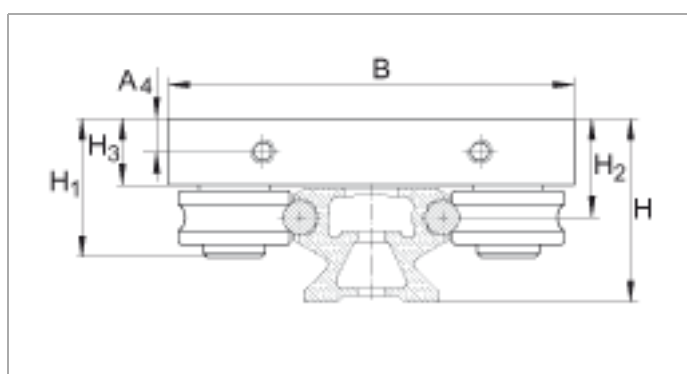
Carriage LFL32-SF (Series LFL..-SF)

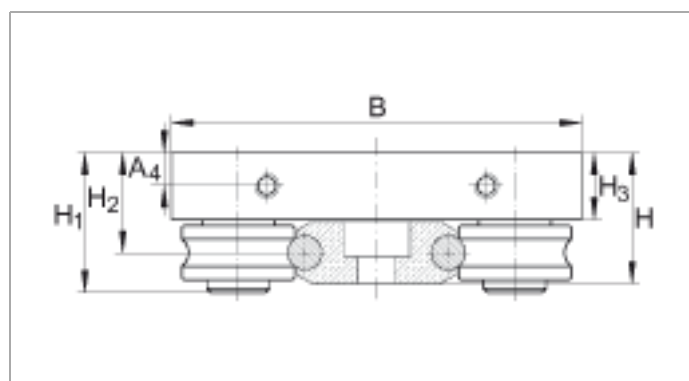
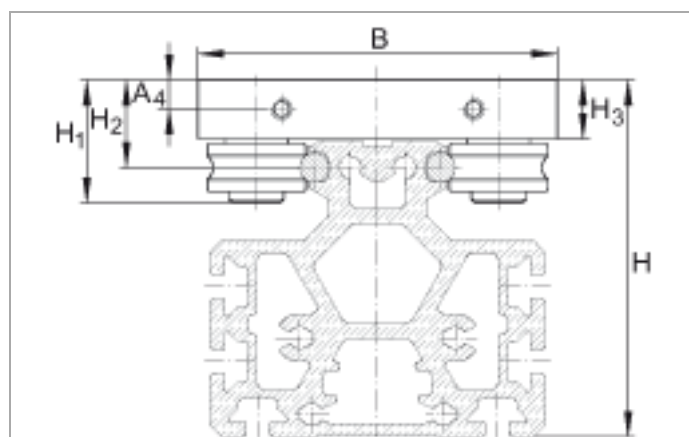
open carriage, standard design, clearance-free;
corrosion-resistant design possible

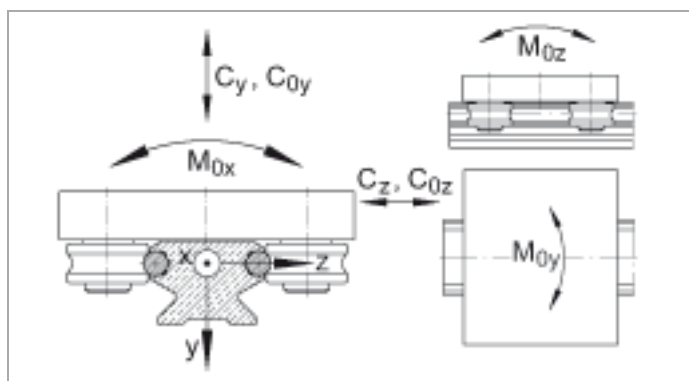
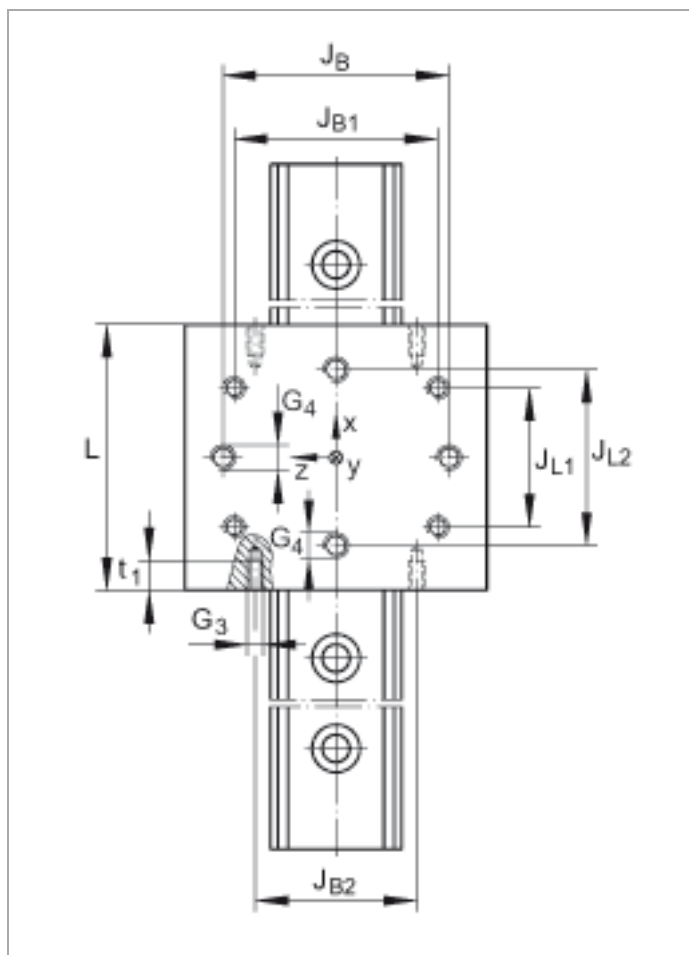
The datasheet is only an overview of dimensions and basic load ratings of the selected product. Please always observe all the guidelines in these overview pages. Further information is given on many products under the menu item "Description". You can also order comprehensive information via the Catalogue ordering system (<http://www.ina.de/content.ina.de/en/mediathek/library/library.jsp>) or by telephone on +49 (91 32) 82 - 28 97.

H ₁	30 mm
B	80 mm
L	90 mm
A ₄	7 mm
G ₃	M6
G ₄	M8
H	<p>Total height of carriage and guideway: H = 35,5 mm For LFS, -C, -CE, -CEE, -E, -EE, -N, -NZZ H = 25,5 mm For LFS..-F, -FE H = 81,5 mm For LFS..-M The guideway LFS..-M can only be combined with carriages with adjustable clearance. If SF and LFKL carriages are to be used, please contact us first</p>
H ₂	20,5 mm Tolerance: +0,3
H ₃	14 mm
J _B	59 mm Tolerance: +/-0,2
J _{B1}	54 mm
J _{B2}	56 mm
J _{L1}	60 mm
J _{L2}	70 mm Tolerance: +/-0,2
t ₁	7 mm
mw	400 g Mass of carriage
MA	15 Nm Valid for standard design. Tightening torque for track roller bolts, concentric bolts are supplied tightened to MA.

MA	12 Nm	Valid for corrosion-resistant design "RB". Tightening torque for track roller bolts, concentric bolts are supplied tightened to MA. The basic load ratings are not valid for "-RB" designs.
C _y	4100 N	Basic dynamic load rating in y direction
C _{0y}	2400 N	Basic static load rating in y direction
C _z	6600 N	Basic dynamic load rating in z direction
C _{0z}	4200 N	Basic static load rating in z direction
M _{0x}	30 Nm	Static moment rating about X axis
M _{0y}	130 Nm	Static moment rating about Y axis
M _{0z}	70 Nm	Static moment rating about Z axis
Ordering designation: - Corrosion-resistant design: Carriage: LFCL...-RB Guideway: LFS...-RB Track roller: LFR...-2RSR-RB - Guideway without holes: LFS...-OL		
LFR50/8-6-2Z	Track roller used	For shaft diameter: 6 mm For ordering of replacement parts, please contact us.
LFS32	The calculation of basic load ratings and moment ratings is based on the use of this guideway	







Anexo F – Guia INA LFS52



Guideways LFS52 (Series LFS)

solid profile, with two raceway shafts; corrosion-resistant
design possible

The datasheet is only an overview of dimensions and basic load ratings of the selected product. Please always observe all the guidelines in these overview pages. Further information is given on many products under the menu item "Description". You can also order comprehensive information via the Catalogue ordering system

(<http://www.ina.de/content.ina.de/en/mediathek/library/library.jsp>) or by telephone on +49 (91 32) 82 - 28 97.

h	34 mm	
b	52 mm	
l _{max}	8000 mm	Maximum length L of guideway; longer guideways are supplied in several sections and are marked accordingly.
1)	Underside marked	
a ₂	42 mm	
a _L max	235 mm	a _L and a _R are dependent on the guideway length L
a _L min	17 mm	a _L and a _R are dependent on the guideway length L
a _R max	235 mm	a _L and a _R are dependent on the guideway length L
a _R min	17 mm	a _L and a _R are dependent on the guideway length L
b ₁	40 mm	
d _{LW}	10 mm	
e _z	17,8 mm	
h ₁	21 mm	
h ₄	25,1 mm	
j _L	250 mm	
LF _G	1170 mm ²	Value for cross-sectional area
I _y	138624 mm ⁴	
I _z	113037 mm ⁴	
N ₁	11 mm	
N ₃	19 mm	For a maximum load F _z or F _{oz} , support washers to DIN 433 and the maximum tightening torque (see fitting instructions) must be used.
W _y	5878 mm ³	

Wz 6350 mm³

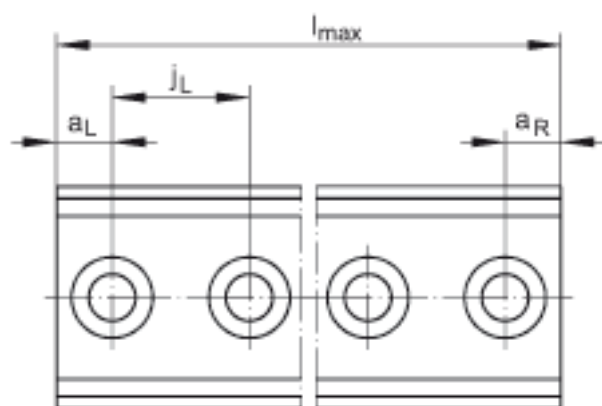
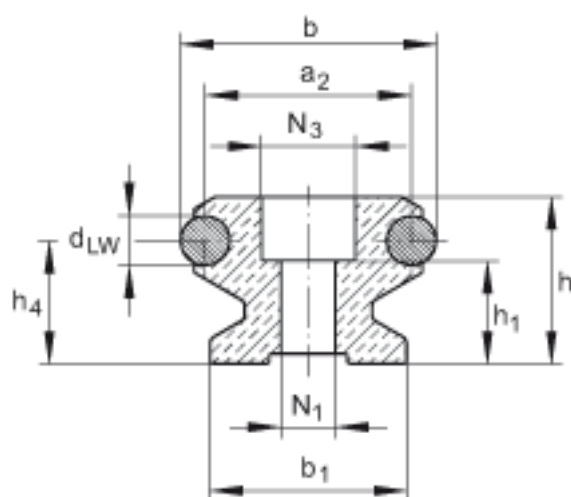
ms 4400 g/m Mass of guideway

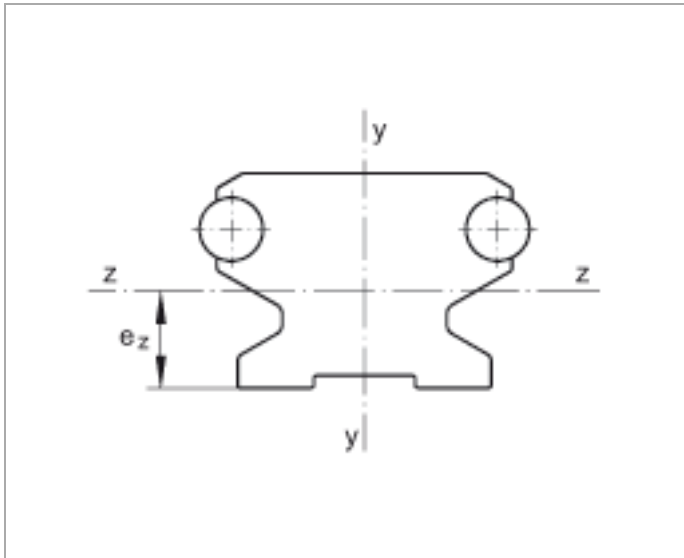
Ordering designation:

- Guideways without holes: LFS..-OL

- Guideways in design with anti-corrosion protection: LFS..-RB

Modulus of elasticity for LFS..-C, -CE, -CEE, -E, -EE, -F, -FE: 72000 N/mm²





Anexo G – Patim INA LFL – 52SF



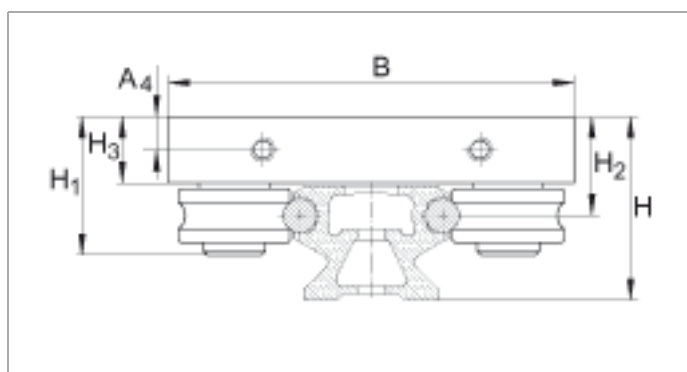
Carriage LFL52-SF (Series LFL..-SF)

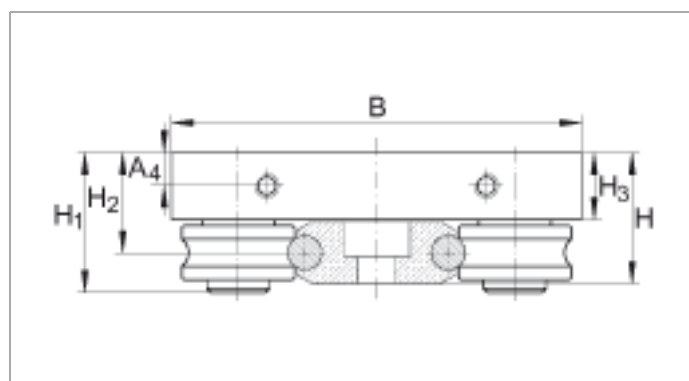
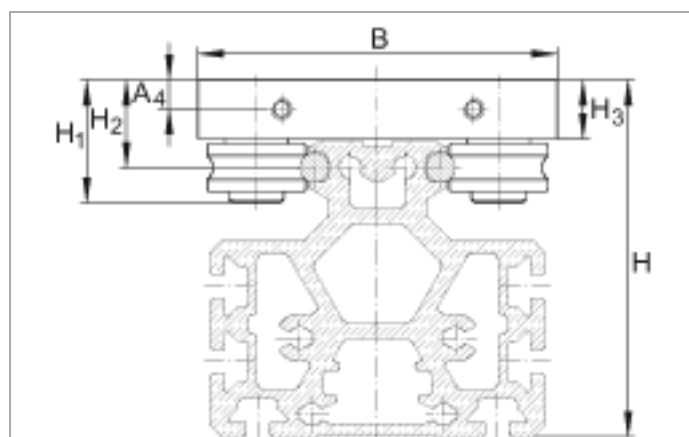
open carriage, standard design, clearance-free;
corrosion-resistant design possible

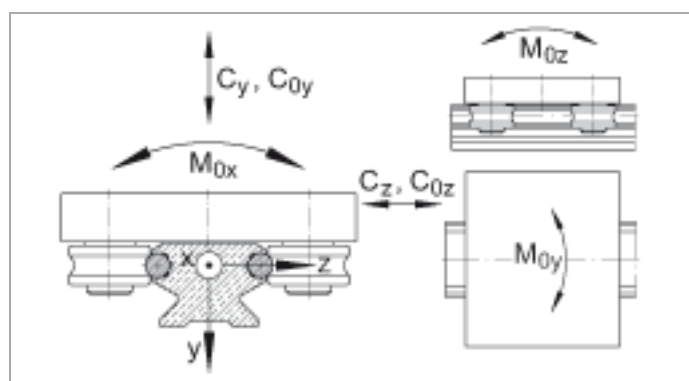
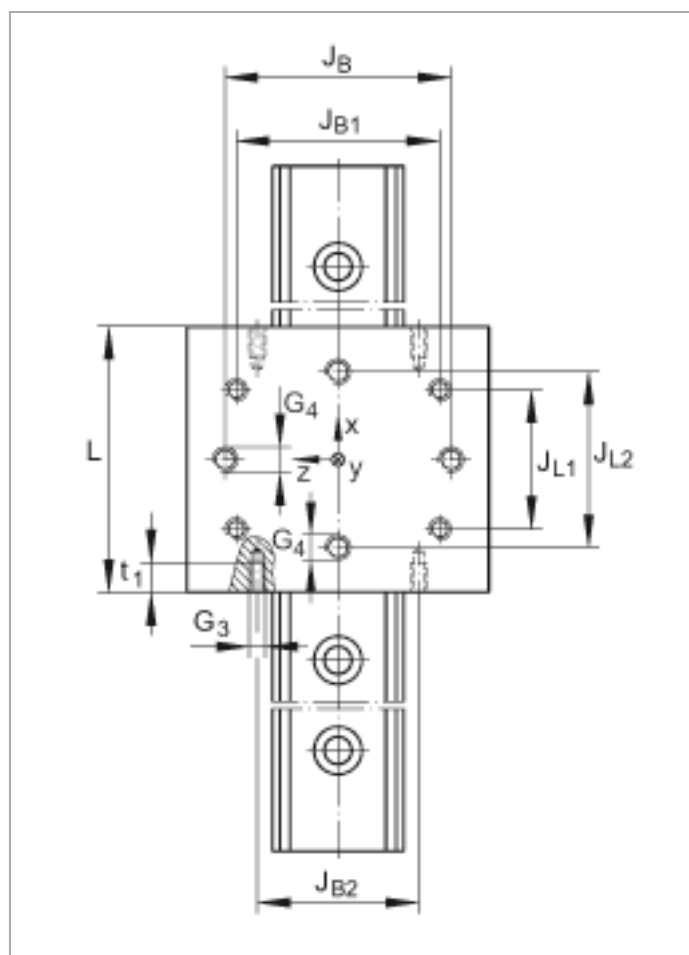
The datasheet is only an overview of dimensions and basic load ratings of the selected product. Please always observe all the guidelines in these overview pages. Further information is given on many products under the menu item "Description". You can also order comprehensive information via the Catalogue ordering system (<http://www.ina.de/content.ina.de/en/mediathek/library/library.jsp>) or by telephone on +49 (91 32) 82 - 28 97.

H ₁	43,2 mm
B	120 mm
L	100 mm
A ₄	9,75 mm
G ₃	M6
G ₄	M10
H	<p>Total height of carriage and guideway: H = 54,3 mm For LFS, -C, -CE, -CEE, -E, -EE, -N, -NZZ H = 38,2 mm For LFS..-F, -FE H = 118,9 mm For LFS..-M The guideway LFS..-M can only be combined with carriages with adjustable clearance. If SF and LFCL carriages are to be used, please contact us first</p>
H ₂	29,2 mm Tolerance: +0,3
H ₃	19,5 mm
J _B	90 mm Tolerance: +/-0,2
J _{B1}	83,2 mm
J _{B2}	65 mm
J _{L1}	60 mm
J _{L2}	70 mm Tolerance: +/-0,2
t ₁	12 mm
mw	1000 g Mass of carriage
MA	40 Nm Valid for standard design. Tightening torque for track roller bolts, concentric bolts are supplied tightened to MA.

MA	23 Nm	Valid for corrosion-resistant design "RB". Tightening torque for track roller bolts, concentric bolts are supplied tightened to MA. The basic load ratings are not valid for "-RB" designs.
C _y	10000 N	Basic dynamic load rating in y direction
C _{0y}	5200 N	Basic static load rating in y direction
C _z	16800 N	Basic dynamic load rating in z direction
C _{0z}	10000 N	Basic static load rating in z direction
M _{0x}	110 Nm	Static moment rating about X axis
M _{0y}	290 Nm	Static moment rating about Y axis
M _{0z}	150 Nm	Static moment rating about Z axis
Ordering designation: - Corrosion-resistant design: Carriage: LFCL...-RB Guideway: LFS...-RB Track roller: LFR...-2RSR-RB - Guideway without holes: LFS...-OL		
LFR5201-10-2Z	Track roller used	
	For shaft diameter: 10 mm	
	For ordering of replacement parts, please contact us.	
LFS52	The calculation of basic load ratings and moment ratings is based on the use of this guideway	







Anexo H – Avaliação da tarefa de colocar a carcaça na KM – Novo conceito de transportador

work-task:

PU01 - Take out carcass from transporter and place it in conveyor

risk assessment

work-place Tire Building KM/PU carcass
 transporter
internal identification 250TB/KM/PU_CT
evaluator/judge ribeiros_std
date of assessment 08.05.2015
date of last modification 11.05.2015
last modification by user baratas_sim
duration of shift 480 min
gender of employees male

exposure bar chart: female	assessment level	1	2	3	4	5	6	7
Physical Exposures								
Body posture incl. Head posture								
Body movement								
Manual handling of loads								
Dynamic muscle workload								
Manual handling operations								
Environmental Conditions								
Noise								
Whole-Body-Vibration								
Hand-Arm-Vibration								
Climate conditions - high temperatures								
Climate conditions - low temperatures								
Climate conditions - thermal radiation								
Draught								
Weather influence								
Wet work								
Hazardous substances								
Dirt								
Lighting								
Glare								
Work Organisation								
Responsibility for other persons								
Responsibility for the process								
Requirement of concentration								
Unchallenging work								
Visual space								
Visual acuity								
Fine motor skills								
Repetition of work-tasks								
Connection to the technical process								
Contact with colleagues								
Occupational Safety								
Physical exposure due to personal protective equipment								
Legal requirements								
Protective measures								

evaluation (in consideration of complete shift):
1-3: Exposures overall harmless to health. 4: Work-place (WP) with limit values. WP is only suitable to well trained and healthy workers.
5-7: Very high external load. Need for action!

Anexo I – Avaliação da tarefa de retirar a carcaça na PU
– Novo conceito de transportador

work-task:

PU02 - Take carcass from transporter and place it in conveyor

risk assessment

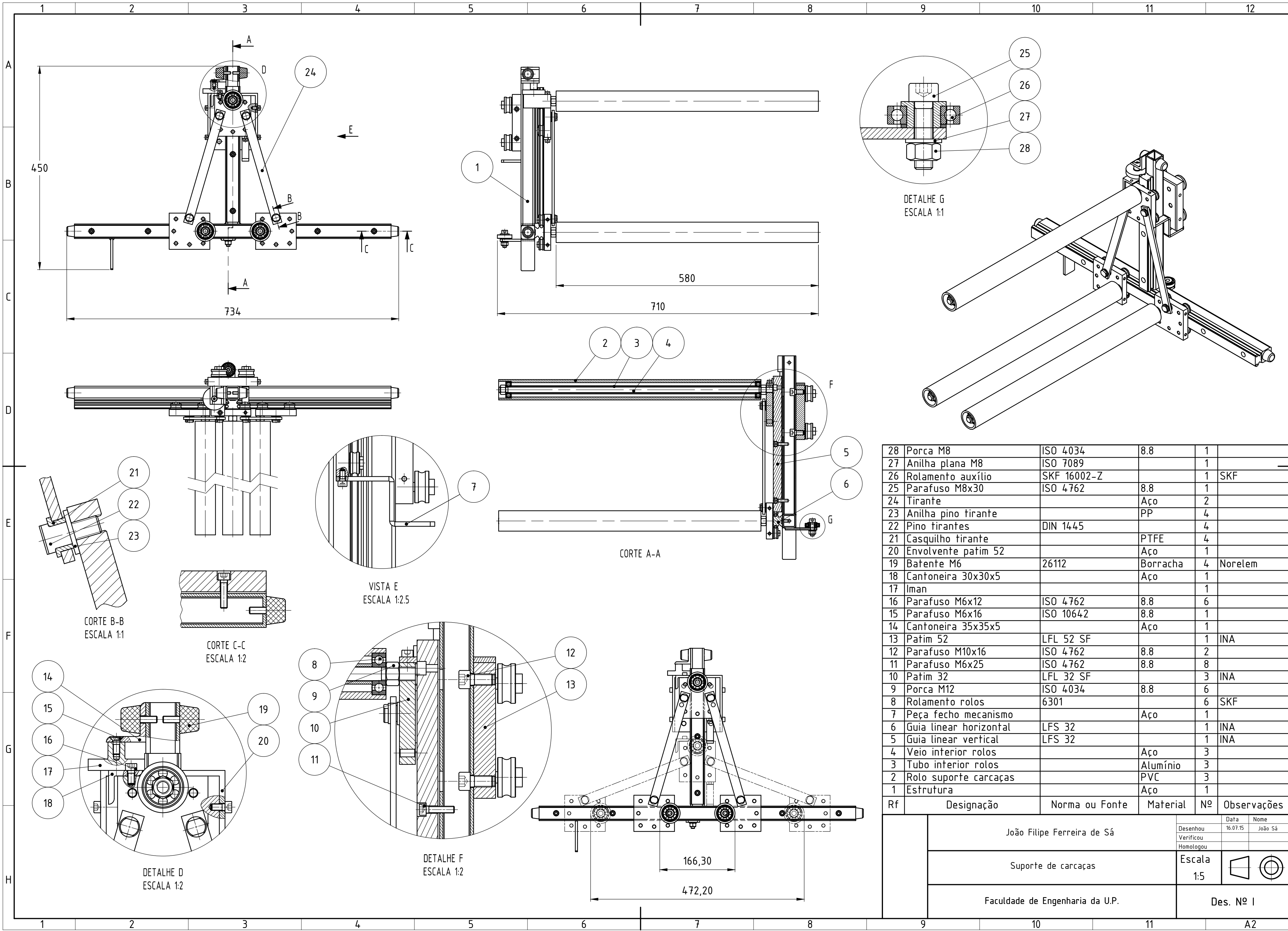
work-place Tire Building KM/PU carcass
 transporter
internal identification 250TB/KM/PU_CT



evaluator/judge ribeiros_std
date of assessment 08.05.2015
date of last modification 11.05.2015
last modification by user baratas_sim
duration of shift 480 min
gender of employees male

exposure bar chart: female	assessment level	1	2	3	4	5	6	7
Physical Exposures								
Body posture incl. Head posture								
Body movement								
Manual handling of loads								
Dynamic muscle workload								
Manual handling operations								
Environmental Conditions								
Noise								
Whole-Body-Vibration								
Hand-Arm-Vibration								
Climate conditions - high temperatures								
Climate conditions - low temperatures								
Climate conditions - thermal radiation								
Draught								
Weather influence								
Wet work								
Hazardous substances								
Dirt								
Lighting								
Glare								
Work Organisation								
Responsibility for other persons								
Responsibility for the process								
Requirement of concentration								
Unchallenging work								
Visual space								
Visual acuity								
Fine motor skills								
Repetition of work-tasks								
Connection to the technical process								
Contact with colleagues								
Occupational Safety								
Physical exposure due to personal protective equipment								
Legal requirements								
Protective measures								

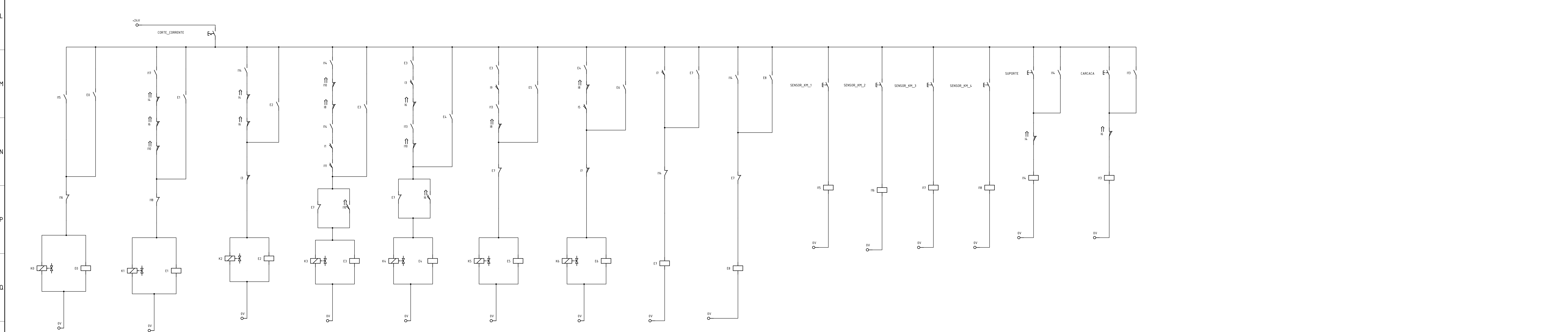
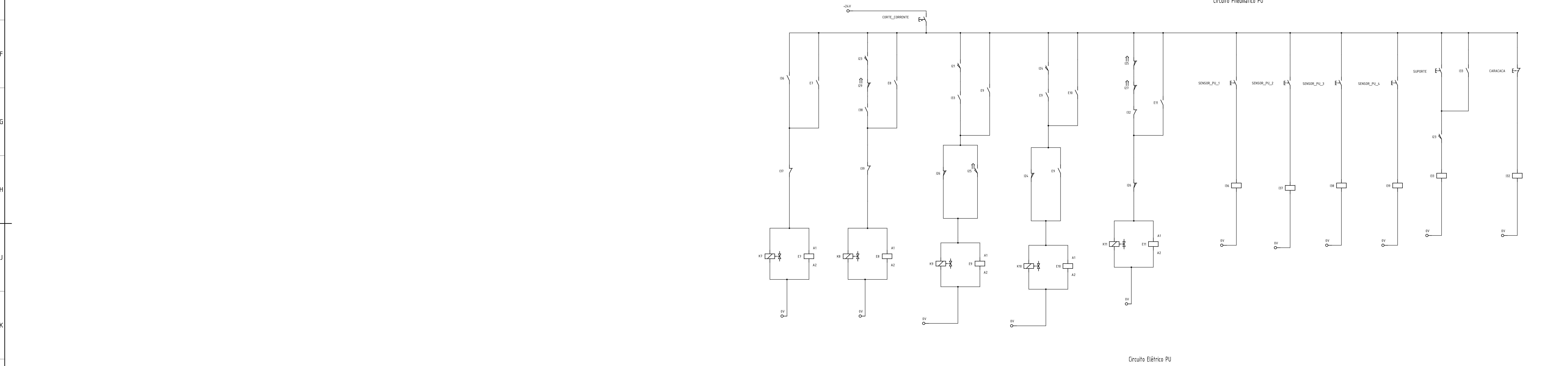
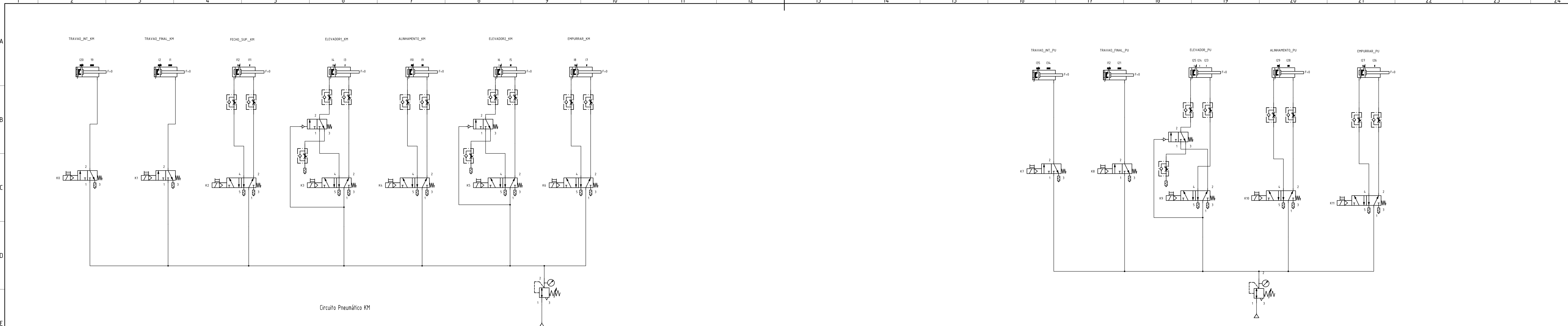
evaluation (in consideration of complete shift):
1-3: Exposures overall harmless to health. 4: Work-place (WP) with limit values. WP is only suitable to well trained and healthy workers.
5-7: Very high external load. Need for action!

Anexo J – Desenho de conjunto do suporte de carcaças
(volume separado)



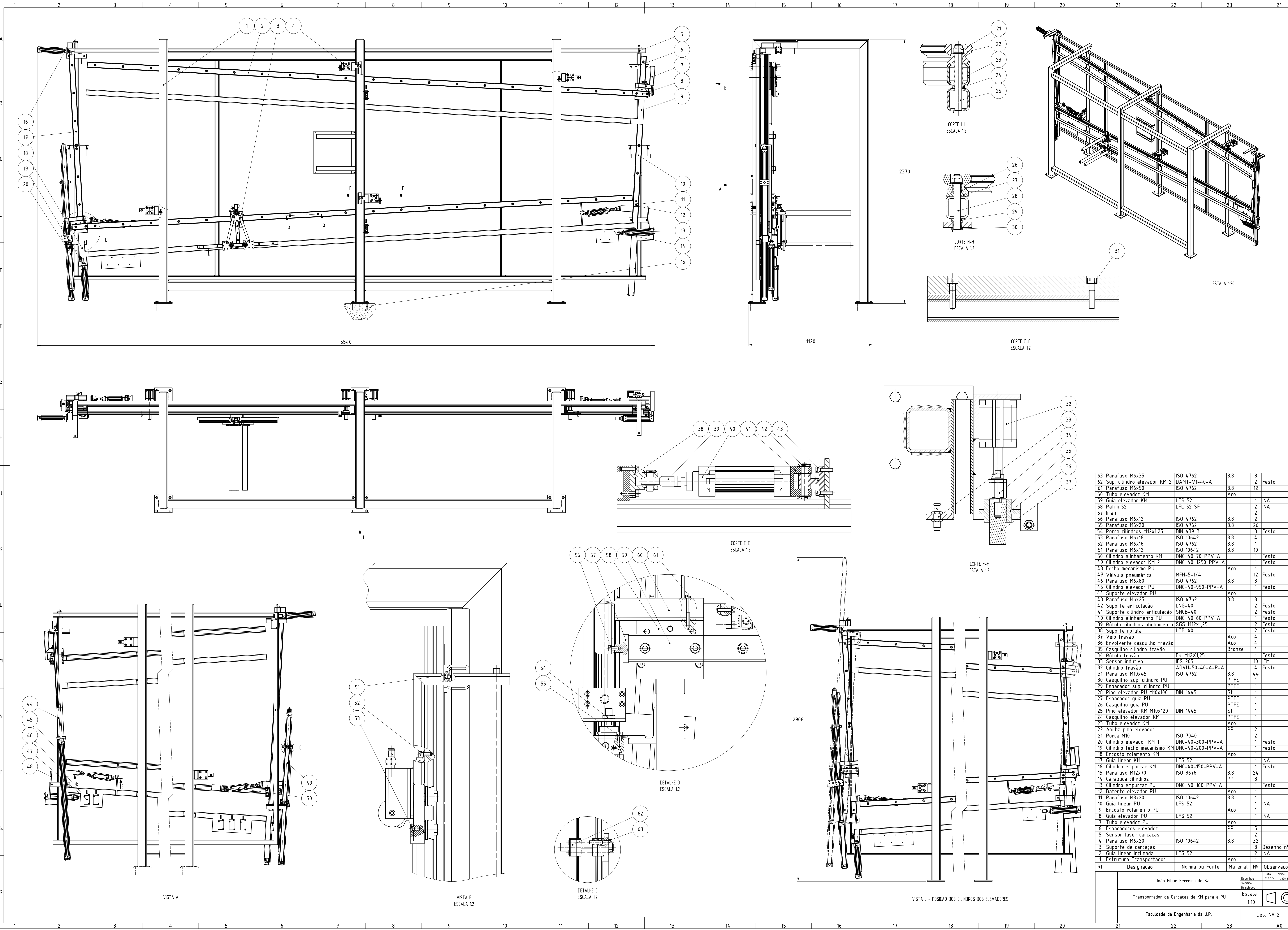
28	Porca M8	ISO 4034	8.8	1		
27	Anilha plana M8	ISO 7089		1		
26	Rolamento auxílio	SKF 16002-Z		1	SKF	
25	Parafuso M8x30	ISO 4762	8.8	1		
24	Tirante		Aço	2		
23	Anilha pino tirante		PP	4		
22	Pino tirantes	DIN 1445		4		
21	Casquilho tirante		PTFE	4		
20	Envolvente patim 52		Aço	1		
19	Batente M6	26112	Borracha	4	Norelem	
18	Cantoneira 30x30x5		Aço	1		
17	Iman			1		
16	Parafuso M6x12	ISO 4762	8.8	6		
15	Parafuso M6x16	ISO 10642	8.8	1		
14	Cantoneira 35x35x5		Aço	1		
13	Patim 52	LFL 52 SF		1	INA	
12	Parafuso M10x16	ISO 4762	8.8	2		
11	Parafuso M6x25	ISO 4762	8.8	8		
10	Patim 32	LFL 32 SF		3	INA	
9	Porca M12	ISO 4034	8.8	6		
8	Rolamento rolos	6301		6	SKF	
7	Peça fecho mecanismo		Aço	1		
6	Guia linear horizontal	LFS 32		1	INA	
5	Guia linear vertical	LFS 32		1	INA	
4	Veio interior rolos		Aço	3		
3	Tubo interior rolos		Alumínio	3		
2	Rolo suporte carcaças		PVC	3		
1	Estrutura		Aço	1		
Rf	Designação	Norma ou Fonte	Material	Nº	Observações	
	João Filipe Ferreira de Sá				Data	Nome
					16.07.15	João Sá
		Suporte de carcaças			Escala	 
	1:5					
	Faculdade de Engenharia da U.P.			Des. Nº I		

Anexo K – Esquemas eletropneumáticos da KM e da PU
(volume separado)



João Filipe Ferreira de Sá		Desenhado	20/07/10	Nota
Circuitos Eletropneumáticos da KM e da PU		Verificado		
Faculdade de Engenharia da U.P.		Revisado		
Escala 1:1		Desenho		
Des. Nº 3		Revisão		

Anexo L – Desenho de conjunto do novo conceito de transportador de carcaças – KM/PU (volume separado)



63	Parafuso M6x35	ISO 4762	8,8	8	
62	Sup. cilindro elevador KM 2	DAMT-V1-40-A		2	Festo
61	Parafuso M6x50	ISO 4762	8,8	12	
60	Tubo elevador KM		Aço	1	
59	Guia elevador KM	LFS 52		1	INA
58	Patim 52	LFL 52 SF		2	INA
57	Iman			2	
56	Parafuso M6x12	ISO 4762	8,8	2	
55	Parafuso M6x20	ISO 4762	8,8	26	
54	Porca cilindros M12x1,25	DIN 439 B		8	Festo
53	Parafuso M6x16	ISO 10642	8,8	4	
52	Parafuso M6x16	ISO 4762	8,8	1	
51	Parafuso M6x12	ISO 10642	8,8	10	
50	Cilindro alinhamento KM	DNC-40-70-PPV-A		1	Festo
49	Cilindro elevador KM 2	DNC-40-1250-PPV-A		1	Festo
48	Fecho mecanismo PU		Aço	1	
47	Válvula pneumática	MFH-5-1/4		12	Festo
46	Parafuso M6x80	ISO 4762	8,8	8	
45	Cilindro elevador PU	DNC-40-950-PPV-A		1	Festo
44	Suporte elevador PU		Aço	1	
43	Parafuso M6x25	ISO 4762	8,8	8	
42	Suporte articulação	LNG-40		2	Festo
41	Suporte cilindro articulação	SNCB-40		2	Festo
40	Cilindro alinhamento PU	DNC-40-60-PPV-A		1	Festo
39	Rótula cilindros alinhamento	SGS-M12x1,25		2	Festo
38	Suporte rótula	LGB-40		2	Festo
37	Veio travão		Aço	4	
36	Envolvente casquilho travão		Aço	4	
35	Casquilho cilindro travão		Bronze	1	Festo
34	Rótula travão	FK-M12X1,25		1	Festo
33	Sensor indutivo	IFS 205		10	IFM
32	Cilindro travão	ADVU-50-40-A-P-A		4	Festo
31	Parafuso M10x45	ISO 4762	8,8	44	
30	Casquilho sup. cilindro PU		PTFE	1	
29	Espatador sup. cilindro PU		PTFE	1	
28	Pino elevador PU M10x100	DIN 1445	St	1	
27	Espatador guia PU		PTFE	1	
26	Casquilho guia PU		PTFE	1	
25	Pino elevador KM M10x120	DIN 1445	St	1	
24	Casquilho elevador KM		PTFE	1	
23	Tubo elevador KM		Aço	1	
22	Anilha pino elevador		PP	2	
21	Porca M10	ISO 7040		2	
20	Cilindro elevador KM 1	DNC-40-300-PPV-A		1	Festo
19	Cilindro fecho mecanismo KM	DNC-40-200-PPV-A		1	Festo
18	Encosto rolamento KM		Aço	1	
17	Guia linear KM	LFS 52		1	INA
16	Cilindro empurrar KM	DNC-40-150-PPV-A		1	Festo
15	Parafuso M12x70	ISO 8676	8,8	24	
14	Carapça cilindros		PP	3	
13	Cilindro empurrar PU		St	1	Festo
12	Batente elevador PU	DNC-40-160-PPV-A		1	
11	Parafuso M8x20	ISO 10642	8,8	1	
10	Guia linear PU	LFS 52		1	INA
9	Encosto rolamento PU		Aço	1	
8	Guia elevador PU	LFS 52		1	INA
7	Tubo elevador PU		Aço	1	
6	Espatadores elevador		PP	5	
5	Sensor laser carcaças			2	
4	Parafuso M6x20	ISO 10642	8,8	32	
3	Suporte de carcaças			8	Desenho nº 1
2	Guia linear inclinada	LFS 52		2	INA
1	Estrutura Transportador		Aço	1	

Rf	Designação	Norma ou Fonte	Material	Nº	Observações
João Filipe Ferreira de Sá					
Transportador de Carcaças da KM para a PU					
Faculdade de Engenharia da U.P.					
Escala 1:10				Des. Nº 2	